



علوم الأرض والبيئة

الصف الثاني عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

12





علوم الأرض والبيئة

الصف الثاني عشر علمي - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

12

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

د. محمود عبد اللطيف حبوش　　د. مروة خميس عبد الفتاح　　سكينة محي الدين جبر (منسقًا)

لؤي أحمد منصور

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

P.O.Box: 2088 Amman 11941　06-5376266　06-5376262 / 237

www.nccd.gov.jo　 feedback@nccd.gov.jo　

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قـرار المجلس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطـــوير المناهـــج في جلسته رقـم (2022/3)، تاريـخ 2022/5/12 م، وقـرار مجلـس التربيـة والتعليـم رقـم (2022/26)، تاريـخ 2022/5/29 م، بـدءًا مـن العـام الـدراسي 2022 / 2023 م.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 314 - 2

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2022/4/1986)

375,001

الأردنّ. المركز الوطني لتطوير المناهج

علـــوم الأرض والبيئـــة:الصف الثاني عشر:كتاب الطالب (الفصـــل الدراسي الأول)/ المـــركز الوطـــني لتطوير المناهج.– عمّان: المركز، 2022

ج1 (96) ص.

ر.إ.: 2022/4/1986

الواصفات: تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية/ / مستويات التعليم/ / المناهج/

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1443 هـ / 2022 م

قائمة المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدّمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها، لتكون معينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة. يعدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المتَّبعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها لحاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين والمعلِّمات. جاء هذا الكتاب محقِّقًا مضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومؤشِّرات أدائها المتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومعتزٍّ – في الوقت نفسه– بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتمدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يحتوي الفصل الدراسي الأول من كتاب علوم الأرض والبيئة للصف الثاني عشر الفرع العلمي على ثلاث وحدات دراسية: الإنسان والموارد البيئيّة، والتّراكيب الجيولوجيّة، والصّفائح التكتونيّة، وتحتوي كل وحدة منها على تجربة استهلالية، وتجارب وأنشطة استقصائية متضمَّنة في الدروس، والموضوع الإثرائي في نهاية كل وحدة. يضاف إلى ذلك الأسئلة التقويمية، بدءًا بالتقويم التمهيدي المتمثِّل في طرح سؤال في بداية كل وحدة ضمن بند (أتأمَّل الصورة)، وانتهاءً بالأسئلة التكوينية المتنوعة في نهاية كل موضوع من موضوعات الدروس، فضلًا عن الأسئلة التقويمية في نهاية كل درس، والتقويم الختامي في نهاية كل وحدة، التي تتضمَّن أسئلة تثير التفكير. وقد ألحق بالكتاب كتاب الأنشطة والتجارب العملية، الذي يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب وأسئلة مثيرة للتفكير؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة. ونحن إذ نقدم هذه الطبعة من الكتاب فإنا نأمل أن يسهِم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية المتعلم/ المتعلمة، وتنمية اتجاهات حب التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواه، وإثراء أنشطته المتنوعة، والأخذ بملاحظات المعلِّمين والمعلِّمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج



الوحدة 1

الإنسان والموارد البيئيّة

Human and Environmental Resources



أتأمّل الصّورة

تُعَدُّ الزيادةُ السكّانيّةُ المُفرِطة من أهمّ مُسبّبات استنزاف الموارد الطبيعيّة، ما يؤدي إلى حدوث العديد من المشكلات البيئيّة. فما أثرُ الزيادة السكّانيّة على البيئة؟



الفكرة العامّة:

تـؤدّي الزيـادةُ الكبيـرةُ فـي عـددِ السـكّان (الانفجـار السكّاني)، إلى حدوث استنزاف المـوارد الطبيعيّـة، وحـدوث مشـكلات بيئيّة مختلفـة.

الدرس الأول: الانفجار السكّاني

الفكـرة الرئيسـة: يـزداد عـددُ السـكّان مع مرور الزمن، فيؤثّر سـلبًا فـي قدرة الأرض علـى إعالة هـذه الأعـداد المتزايدة.

الدرس الثاني: استنزاف الموارد الطبيعيّة

الفكـرة الرئيسـة: تـؤدّي الزيـادة الكبيـرة في عدد السكّان إلى زيادة الطلب على الموارد الطبيعيّـة، ما يجعلها عُرْضَةً للاسـتنزاف.

تجربة استهلاليّة

الانفجار السكّاني واستنزاف الموارد الطبيعيّة

أُجْرِيَتِ العديدُ من الدّراسات العِلميّة التي تُبيّن أثَرَ الزيادة الكبيرة في عدد السكّان على الموارد الطبيعيّة، والمشكلات البيئيّة التي تُسبّبها. فكيف تؤثّر زيادة عدد السكّان في الموارد الطبيعيّة؟ وما المشكلات المتوقَّعُ حدوثُها؟

خُطُوات العملِ:

1 أقرأ العباراتِ الآتيةَ التي تمثّل ملخّصًا لبعض الدّراسات العِلميّة:

- "تشير تقديراتُ بعض الإحصاءات العالميّة إلى أن أعداد السكّان على سطح كوكب الأرض في ازدياد مستمرّ؛ حيث سيصل عدد سكّان العالم بحلول منتصَف عام 2050 م إلى 11 billion تقريبًا".
- "يُتوَقَّعُ أن تصبحَ المياهُ أثمنَ الموارد الطبيعيّة في القَرن القادم، إذ إن الزيادةَ المُطَّرِدةَ في عدد سكّان كوكب الأرض سوف تتسبّب في تلوُّث المياه السطحيّة والمياه الجوفيّة واستنزافها".
- "تتسبّب الزيادة السكّانية في ازدياد معدَّل استهلاك الطاقة، وما يرافقها من انبعاثات غازيّة تنجُم عن احتراق الوَقود الأُحفوريّ".
- "تؤدي الزيادة السكّانية في العالم إلى تزايد كميّة النفايات الصُّلبة والسائلة والغازيّة، وصعوبة التخلّص منها".

2 أتوزَّع أنا وزملائي/ زميلاتي إلى أربع مجموعات، حيث تختار كلّ مجموعة إحدى العبارات السابقة.

3 أتَناقَش وأفرادَ مجموعتي في العبارة التي اخترتُها، وأحدّد تأثير ازدياد عدد السكّان على البيئة.

4 أعرِض النتائج التي توصَّلتُ إليها أمام باقي المجموعات.

التّحليل والاستِنتاج :

1. أوضِّح: كيف يمكن أن تسهم زيادة عدد السكّان في استنزاف الموارد الطبيعيّة، كالمياه السطحيّة والمياه الجوفيّة؟
2. أتوقّع تأثير ازدياد معدَّل استهلاك الطاقة الناتجة عن احتراق الوقود الأُحفوريّ على متوسّط درجة حرارة سطح الأرض.
3. أستنتِج أثرَ تراكُم النفايات الصُّلبة والسائلة والغازيّة على البيئة.



الانفجار السكّاني
Population Explosion

الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

يزداد عددُ السكّان مع مرور الزمن، فيؤثّر سلبًا في قدرة الأرض على إعالة هذه الأعداد المتزايدة.

نتاجات التعلّم:

- أبيّن مفهومَ الانفجار السكّاني.
- أوضّح العلاقة بين عدد سكّان الأرض منذ بداية العصر الصناعي والزمن.
- أناقِش بالأدلّة أعدادَ السكّان الذين يمكِن أن تُعيلَهم الأرضُ.

المفاهيم والمصطلحات:

الجماعات السكّانيّة البَشريّة Human Population Groups

السّعةُ التحمُّليّةُ Carrying Capacity

الانفجارُ السكّانيُّ Population Explosion

الدّيموغرافيا (علم السكّان) Demography

تعود كلمة Demography إلى اللّغة اليونانية، وهي كلمة تتكوّن من مقطعين (Demo) ويُقصَدُ بها السكّانُ، و(graphy) وتَعني وصْفًا للشيء؛ وبذلك يكون معنى الكلمة بمُجمَلِها وصْفَ السكّان. غير أنها أصبحت في ما بعد تعبّر عن علم السكّان؛ لذا فإن الدّيموغرافيا هي الدراسة العِلميّة للمجتمعات البَشريّة من حيث الحجم والنموّ.

نُمُوُّ الجماعات السكّانيّة Population Groups Growth

يعتمد عِلْمُ السكّان على البيانات الإحصائيّة المختلفة، ذلك لأنها تتناول دراسة أحوال السكّان في مدة زمنية معيَّنة بما في ذلك توزيعُهم الجغرافي، كذلك تَدرسُ حركةَ السكّان الطبيعيّة مثل الانتقال من الريف إلى المدينة، وغير الطبيعيّة مثل الهجرات القسريّة الناتجة عن الكوارث الطبيعيّة وغير الطبيعيّة، وما ينتج عنها من زيادة أو نقصان في حجم السكّان. أنظر الشكل (1/ أ، ب) الذي يمثّل زيادة الزحف العمراني في مدينة عمّان بسبب زيادة أعداد السكان.

الشكل(1):

(أ): وجود مناطق فارغة غير مأهولة بالسكّان في مدينة عمّان قديمًا.





الشكل (1):
(ب): ازدياد الزحف العمراني في مدينة عمّان حديثًا.
أصِف التغير في حجم السكّان في مدينة عمّان قديمًا وحديثًا.

ويمكِن تقسيمُ مصادر البيانات الإحصائيّة التي تعتمِدُ عليها دراسةُ أحوال السكّان إلى مجموعتين رئيستَين، هما:

أوّلًا: مصادر البيانات الثابتة؛ ويمثّلها التّعداد العامّ للسكّان لدراسة الخصائص والمتغيّرات السكّانيّة في مجتمعٍ ما داخِلَ منطقة جغرافيّة محدَّدة، وذلك في مدة زمنية مُعيَّنة بشكلٍ تفصيليّ دقيق.

ثانيًا: مصادر البيانات غير الثابتة؛ ويمثّلها حركة السكّان في كل مجتمع من المجتمَعات مثل السّجلّات الحيويّة التي تُسَجَّلُ فيها الأحداثُ عند وقوعها، أو بعد وقوعها بمدّة زمنية قليلة، وتختص هذه السّجلّاتُ بوقائعِ الولادة، والوفاة، والزواج، والطلاق. وكذلك سجلّاتُ الهِجرة التي تعكسُ رغبة الإنسان في مغادرة منطقة جغرافية محدَّدة تصعُبُ معيشتُه فيها إلى منطقة أخرى أكثرَ ملاءَمَةً.

ويُطلَقُ على مجموعة الأفراد الذين يُقيمون في منطقة جغرافيّة محدَّدة، أو يتشاركون في خصائصَ مماثِلَةٍ؛ وفي ما بينهم من علاقات منها التزاوجُ والإنجابُ اسمُ **الجماعات السكّانيّة البَشريّة Human Population Groups**. ويُطلَقَ على مجموعات النباتات والحيوانات التي توجد في أقاليمَ جغرافيّةٍ محدَّدةٍ اسمُ الجماعات السكّانيّة Population Groups.

الرّبط بالجغرافيا

يُجرى التّعدادُ العامُّ للسكّان عن طريق جَمْع البيانات المتعلّقة بالخصائص السكّانيّة، كالنموّ السكّاني، وعدد المواليد والوفيات، وكذلك العوامل الاقتصادية، والاجتماعية لجميع السكّان في دولة معيّنة، أو داخلَ حدود منطقةٍ جغرافيّة محدَّدةٍ، بهدف تحديد الاحتياجات العامّة للسكّان. وتُعدُّ دائرةُ الإحصاءاتِ العامة الجهة المسؤولة عن إجراء التّعداد العام للسكّان في الأردن.

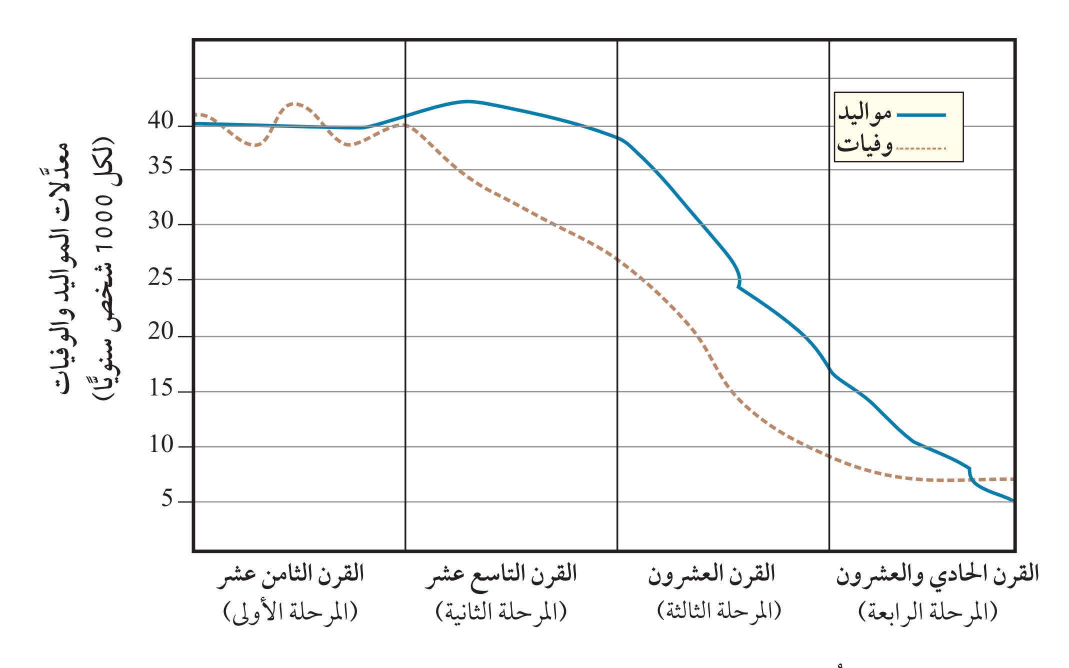
وبناءً على ذلك، يعتمِدُ نُمُوُّ الجماعات السكّانية البَشريّة على مِحورَين اثنينِ، هما معدَّلات المواليد، ومعدَّلات الوفيات. وهذا يعني أنه إذا كان معدَّلُ المواليد يفوق باستمرار معدَّلَ الوفيات، فإنّ عددَ سكّان العالَم سيكون في تزايُدٍ مستمِرٍّ؛ فكلّما زادَ الفرقُ بينهما زادَ معدَّلُ نُمُوِّ السكّان.

مراحل التحوُّل الدّيموغرافي Stages of Demographic Transition

تتغير خصائص الجماعات السكّانية نتيجة للتغيّرات التي تطرأ على حالة السكان من حيث المواليدُ والوفيات والهجرة، وما تتعرّض له هذه الجماعاتُ من ظروف أخرى. وتمرُّ هذه التغيّراتُ بمراحلَ أربعٍ. أنظر الشكل (2). ويمكن إيجاز التغيّرات في خصائص الجماعات السكّانية ما قبل الثورة الصّناعية إلى نهاية القرن الحادي والعشرين في هذه المراحل الأربع بما يأتي:

المرحلة الأولى: تميّزت بارتفاعِ معدَّلات المواليد عند الاقتراب من نهايتها، رافقها تذبذب في معدَّلات الوفيات؛ ما أدى إلى حدوث ثبات نِسبيّ في عدد السكّان.

المرحلة الثانية: تميّزت بارتفاعِ معدَّلات المواليد، رافقها انخفاضٌ في معدَّلات الوفيات، خاصّةً في الدّول النامية.



الشكل (2): مراحل التحوُّل الدّيموغرافي.

أستنتج سببَ التحوُّل الدّيموغرافي بين كل مرحلة وأخرى.

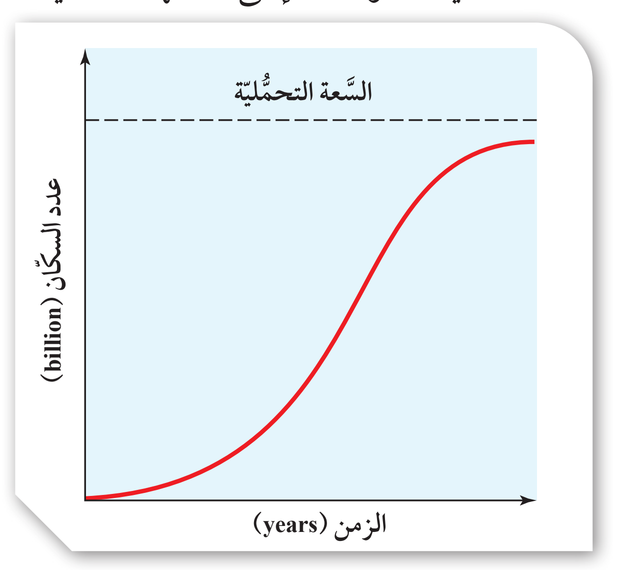
المرحلة الثالثة: تميّزت بانخفاضٍ سريعٍ في معدَّلات المواليد، رافقها انخفاضٌ في معدَّلات الوفيات، ما أدى إلى زيادةِ أعداد السكّان في فئات كِبار السِّنِّ.

المرحلة الرابعة: تميّزت بانخفاضٍ في معدَّلاتِ المواليد، ومعدَّلات الوفيات، حيث اقترب بعضُها من بعض، وأصبحت الزيادة السكّانيّة ضئيلة جدًّا.

السَّعة التحمُّليّة للسكّان Human Carrying Capacity

لا يُعَدُّ حسابُ معدَلِ النُّموِّ السكّاني عمليّةً حسابيّةً فحَسْبُ، بل يهتمّ العلماءُ بمعرفة: هل بلغت الجماعات السكّانيّة السَّعة التحمُّليّة أم تجاوزَتها؟ حيث إن للجماعات الحيوية جميعِها، ومنها الجماعاتُ السكّانيّةُ البَشريّة سَعَةً تحمُّليّةً إذا تجاوزتها؛ فإنها تؤثّر في النظام البيئيّ؛ وتُعرَفُ **السَّعَةُ التحمُّليّةُ Carrying Capacity** بأنها عددُ الجماعات السكّانيّةِ التي يمكِن للنظام البيئيّ دَعْمُها وإعالتُها. أنظر الشكل (3)، الذي يمثّل منحَنى نُمُوٍّ نِسبيّ تقتربُ فيه الجماعات السكّانيّة تدريجيًّا من سَعَةِ التحمُّل للبيئة، حيث يبيِّن أن النّموَّ يبدأ بطيئًا، ثم يزداد إلى أن يصلَ حدًّا أقصى، وبعد ذلك يقِلُّ تدريجيًّا عندما تقترب الجماعات السكّانيّةُ من الحدّ الأقصى لنموِّها. ولا يمكِنُ لمعظم الجماعات السكّانيّة الاستمرارُ في النّموّ متجاوزةً مقدارًا معيّنًا؛ لأنها في نهاية الأمر تستهلكُ جميع الموارد المتوافرة فيها، وعند نقطة محددة يتوقف مستوى الجماعة عن النمو والازدياد؛ وبالتالي تكون البيئة التي تعيش فيها الجماعات السكّانيّة قد وصلت إلى سعتها التحمُّليّة.

> **أفكّرُ**
> في ضوء معرفتي بمراحل التحول الدّيموغرافي الأربع. أستنتجُ ميزات المرحلة الخامسة المستقبَليّة عند حدوثها، وأُناقش ما توصَّلتُ إليه مع معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.



الشكل (3): مُنحَنى نُمُوٍّ نِسبيّ تقترب فيه الجماعات السكّانيّة تدريجيًّا من السَّعة التحمُّليّة للبيئة.

أصِف أضرارَ تجاوُزِ نُمُوِّ الجماعات السكّانيّة للسَّعة التحمُّليّة للبيئة.

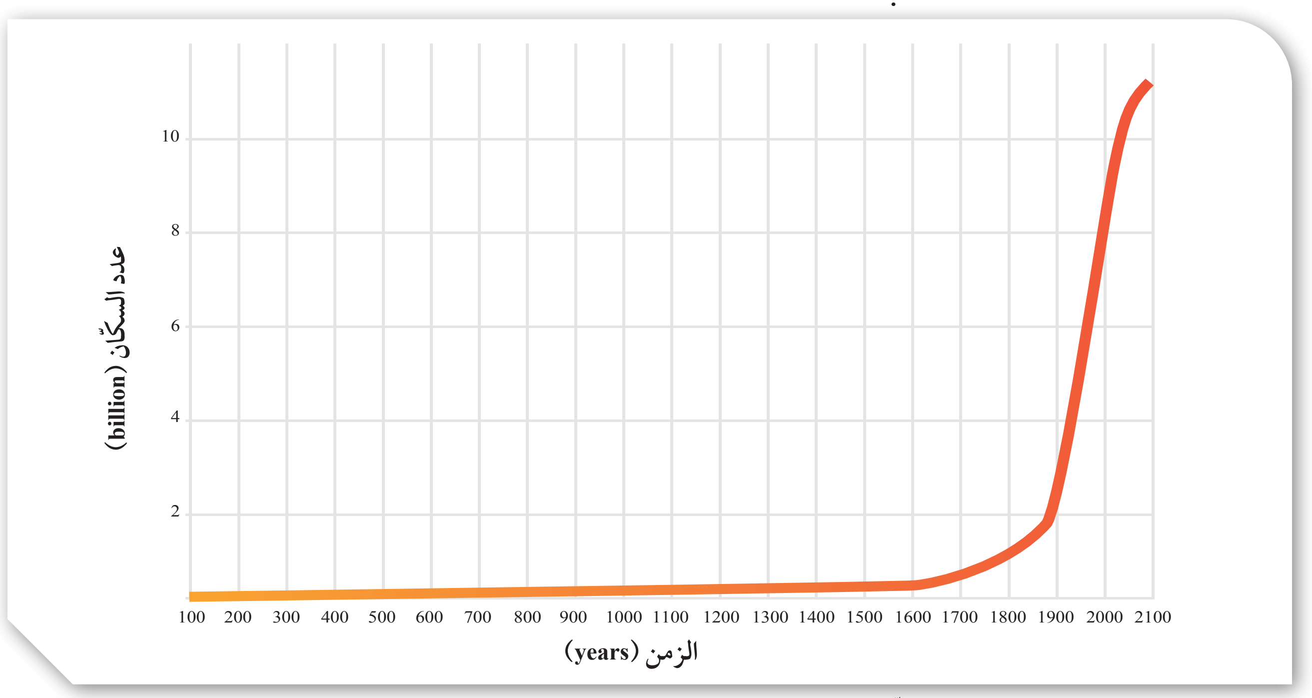
الانفجار السكّاني Population Explosion

يُعـرَفُ **الانفجـارُ السـكّانيّ** **Population Explosion** بأنـه زيـادةُ أعـداد السـكّان بمعـدَّلات كبيـرة، مـا يـؤدي إلى زيـادة الطلـب على المـوارد الطبيعيّـة مـع مـرور الزمـن. وتحـدث هـذه الزيـادة نتيجـةَ انخفـاضِ نسـبة الوفيـات بسـبب تطـوُّر أسـاليب الوقايـة الصحيّة من الأمـراض، مـع بقاء معـدَّلات المواليـد مرتفعةً فـي أكثرِ بـلاد العالَم، الأمـر الـذي يترتّـب عليـه اتّسـاعُ الفجـوة بيـن عـدد المواليـد وعـدد الوفيـات. وقـد شـهدتِ العقـودُ الثلاثـةُ الأخيرةُ زيـادةً هائلـة في عدد السـكّان بصـورة لـم تحـدثْ طَـوالَ تاريـخ البَشـريّة. فمـا معـدَّلاتُ الزيـادة السـكّانيّة؟ ومـا العوامـلُ التـي تؤثّـر فيها؟

معدَّلات النموِّ السكّاني Population Growth Rates

تشير الأبحاث إلى أن معدَّل الزيادة السكّانيّة قد ارتفع منذ عام 1650م بدرجة لم يسبِقْ لها مثيلٌ في الفترة السابقة. أنظر الشكل (4).

وارتبطت هذه الزيادةُ الهائلة بعواملَ عدة؛ منها عواملُ اقتصاديّة وأخرى اجتماعيّة، حيث أدّتِ الثورةُ الزراعية إلى تزايُد قُدرةِ الأرض



الشكل (4): العلاقة بين الزمن وعدد سكّان العالم في الفترة ما بين (100-2100) م.

أصِف التغيُّر في عدد السكّان منذ عام 1650م، ولغاية الآنَ.

على الإنتاج، واستيعاب أعدادٍ أكبرَ من السكّان، ومع بداية القرن السابعَ عشَرَ تسارعتِ الزيادةُ في عدد سكّان العالَم بسبب عواملَ عدّةٍ، منها تطوُّرُ مهارات التّجارة والاتّصال بين الشعوب المختلفة. وفي وقتنا الحاليّ تطوّرتْ معدَّلاتُ الزيادة السكّانيّة، حيث أصبحت ذاتَ طبيعة أُسِّيَّةٍ، ويُعزى ذلك إلى الثورة الصناعيّة والتقدّم العِلميّ.

العوامل المؤثّرة في النموّ السكّاني

Factors Affecting Population Growth

يختلف معدَّلُ النموّ السكّاني من مجتمَع إلى آخرَ نتيجةً لعواملَ عدّةٍ منها: عواملُ اقتصاديّةٌ، وعواملُ اجتماعيّةٌ، وأخرى ثقافيّةٌ. ومن العوامل الأخرى التي تؤثّر في النموّ السكّاني عامل الوفيات، وتختلف معدَّلات الوفيات من مجتمع إلى آخرَ، ومن مدّةٍ زمنية إلى أخرى في المجتمع نفسِه، وتحدث الوفيات نتيجةَ شيوع الأوبئة والجوائح، والحروبِ والكوارث الطبيعيّة والبيئيّة، وحوادث السَّير على الطُّرقات، وغيرها من العوامل. كما أنها تتأثر بالتغيّرات الاقتصاديّة والاجتماعيّة التي تسود المجتمَعات، فقد تزيد في المجتمَعات النامية والدول الفقيرة بسبب افتقار النساء إلى خِدْمات الرّعاية الصحيّة في أثناء الحَمْل، وانخفاض مستوى الرّعاية الطبيّة في الولادة، وبعدها مباشرة، كما وأنها تقلّ في الدول المتقدّمة الغنيّة.

تُعرَفُ خِدماتُ الرعايةِ الصحيّةِ بأنها مجموعُ الخِدماتِ والمؤسّساتِ التي توفّرها الدولةُ للمواطنينَ بأشكالها كافّةً، ومن أمثلتها: المستشفياتُ، والصيدليّاتُ، والمواردُ البَشريّةُ كالأطباء والممرضين. ويمتاز الأردن بجودة خِدمات الرّعاية الصحيّة فيه. فقد ازداد عددُ المستشفيات وتميّزت بوجود كوادرَ طبيّةٍ مؤهَّلةٍ تمتلك القُدُراتِ، والخبراتِ في مختلف التخصّصات الطبيةِ. كما تطوّرت صناعةُ الدواء الأردنيّةُ بصورة كبيرة، حتى أصبحت منافِسًا قويًّا للشركات العالميّة، وأصبحت شركاتُ الدواء الأردنيّةُ تصدِّر الدواءَ لمختلَف دول العالم.

أفكّرُ

في غضون عام 2050م، أين تتوقع أن تكون معدلات المواليد أعلى: في المجتمعات الزراعية أم في المجتمعات الصناعية؟ لماذا؟

الرّبط بالرياضيّات

النموُّ الأُسِّيُّ للسكّان هو تعبيرٌ رياضيٌّ يحدُث عندما تميل أعداد السكّان إلى الزيادة بمعدَّلات ثابتةٍ في مدّة زمنيّة محدَّدة، وإنتاج أفرادٍ جديدة، حيث يكون معدَّلُ النموِّ السكّاني بطيئًا في البداية، ثم يبدأ بالتّسارُع، وَفْقَ المتتالية الآتية: 2، 4، 8، 16.

أفكّرُ

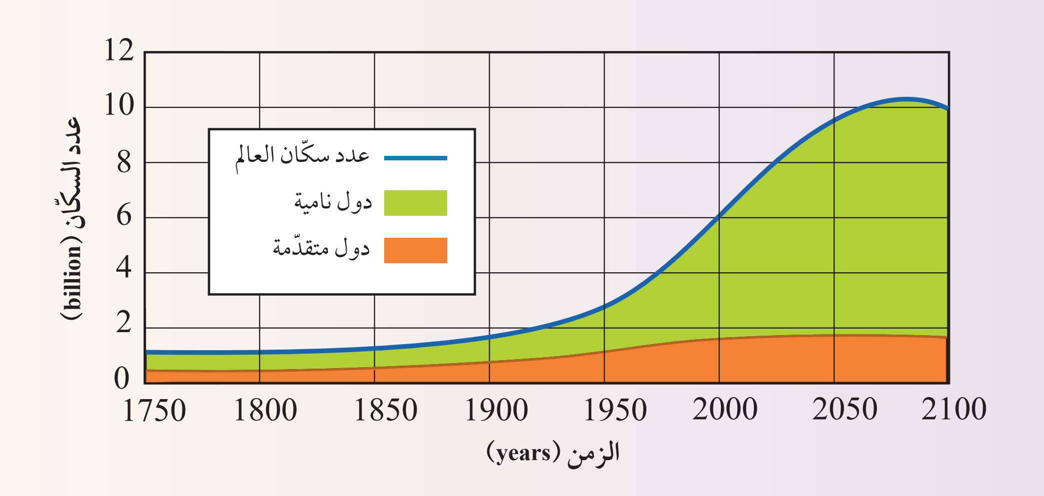
ما تأثيرُ التطوّر العلميّ والتكنولوجيّ في معدَّل نُموِّ الجماعات السكّانيّة؟

أتحقّق: أُوضِّح العواملَ التي تؤثّر في النموّ السكّاني.



النّموُّ السكّانيّ العالميّ

يمثّل الشكل الآتي، تقديرات عدد سكّان العالَم في المدة الزمنيّة الواقعة ما بين (1750 - 2100)م في الدّول النامية والدّول المتقدّمة.



التّحليل والاستِنتاج:

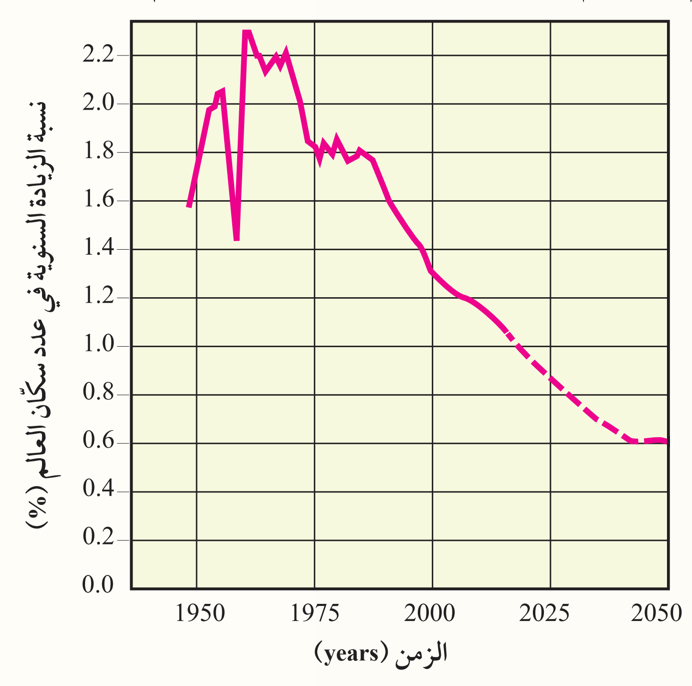
1. أُقارِن بين الدّول النامية والدّول المتقدّمة من حيث الزيادة في عددُ السكّان في المدة الزمنية الواقعة ما بين (1900 - 2000) م.
2. أتوقّع: كيف يمكِن أن يكون شكل التغيّر في المنحَنى الذي يمثّل عدد سكّان العالم في غضون عام 2150م؟
3. أستنتِج الأسباب التي أدّت إلى الزيادة الكبيرة في عدد سكّان العالم في المدة الزمنية الواقعة ما بين (1900 - 2000)م.
4. أصِف تأثير ازدياد عدد سكّان العالم في معدّل استهلاك الموارد الطبيعيّة.

مراجعة الدرس

1. **الفكـرة الرئيسـة:** أفسِّـر لا يمكِـنُ لمعظم الجماعـات السـكّانيّة الاسـتمرارُ في النّمـوّ متجاوزةً مقـدارًا معيّنًا.

2. أوضِّـح المقصـود بـكل مفهوم مـن المفاهيـم الآتيـة: الجماعات السـكّانيّة البَشـريّة، والسَّـعة التحمُّليّـة، والانفجار السـكّاني.

3. أدرُس المخطَّـط الآتـي الـذي يبيّـن النسـبة المئوية للزيادة السـنويّة فـي عدد سـكّان العالم منذ أواخـر الأربعينيّـات مـن القـرن العشـرين، والنسـبة المئويـة للزيـادة المتوقّعة في عدد سـكّان العالـم حتـى عـام 2050م مـن القرن الواحـد والعشـرين، ثم أجيب عـن السـؤالين بعدَه:



أ . **أتوقّع** النسبة المئوية للزيادة السنوية في عدد سكّان العالم في عام 2050 م.

ب. أحدِّد النسبة المئوية للزيادة السكّانيّة منذ عام 1950م إلى عام 2000م.

4. أذكُر عاملين من العوامل التي لها الأثر الأكبر في النموّ السكّاني.

5. **أستنتِج** اعتمادًا على الشكل (4) صفحة 14، سببَ بَدْءِ الجماعات السكّانية بالنموّ منذ عام 1650م.

6. أُبيِّن ميزات المرحلة الثانية من مراحل التحوّل الدّيموغرافي للجماعات السكّانيّة البَشريّة.



استنزاف الموارد الطبيعيّة

Depletion of Natural Resources

الفكرة الرئيسة :

تؤدّي الزيادة الكبيرة في عدد السكّان إلى زيادة الطلب على الموارد الطبيعيّة ما يجعلها عُرْضَةً للاستنزاف.

نتاجات التعلّم :

- أشرَح كيف يمكِن لنمط الحياة الاستهلاكي أن يقلّل من قُدرة الأرض على إعالة البَشر.
- أناقِش دَور الاقتصاد العالميّ في سوء توزيع موارد الأرض الطبيعية.
- أوضِّح أثرَ سوء توزيع موارد الأرض في الفقر والأمراض، والحروب، وتقليل قدرة الأرض على الإعالة.
- أذكُر أمثلة على دَور الإنسان في تخريب بيئته الأرضيّة في البَرّ والبحر والجوّ.

المفاهيم والمصطلحات :

استنزاف الموارد الطبيعيّة
Depletion of Natural Resources

تلوُّث التّربة	Soil Pollution
تلوُّث المياه	Water Pollution
الإثراء الغذائيّ	Eutrophication
الاحترار العالميّ	Global Warming
التصحّر	Desertification

تأثير الإنسان على البيئة

Human Impact on the Environment

منذ أن خلق اللّه تعالى الإنسان، وأوجده على سطح الأرض، وهو مرتبط ببيئته التي يعيش فيها، كما أن تقدُّمَه الحضاريّ ارتبط على مدى تاريخه الطويل بتفاعله مع مكوّناتها. ففي مرحلة مبكِّرة من تاريخه كان يعتمد على طعامه بما يحصل عليه من النباتات البريّة، فكان تأثيره في بيئته لا يكاد يتجاوز تأثير الكائنات الحيّة الأخرى. ثم كانت المرحلة التالية، وهي مرحلة الزراعة وما تبِعَها من نشاط زراعيّ، واستثمارٍ للثروة الحيوانيّة؛ وبذا أخذ يُحْدِث تغييرات في البيئة مِن حوله. واستمرّ الإنسان في إحداث التغييرات في البيئة حتى وصل إلى مرحلة الثورة الصناعيّة، حيث أصبح يؤثر بشكل كبير في البيئة، فظهرت العديد من المشكلات البيئيّة الحادّة التي أثّرت في صحة الإنسان والاتّزان البيئيّ، وسطح الأرض. فما هذه المشكلات؟ وما السُّبُل لتفاديها؟ أنظُر الشكل (5) الذي يمثّل إحدى هذه المشكلات.



الشكل (5): النّفايات الصُّلبة التي يُلقيها الإنسان في البحار من المشكلات الخطيرة التي تهدِّد حياة الكائنات البحريّة.

أتوقّع تأثير إلقاء النّفايات البلاستيكيّة في البحار على السّلاحف البحريّة.



استنزاف الموارد الطبيعيّة Depletion of Natural Resources

تُعَدُّ الأرضُ نظامًا بيئيًّا مغلَقًا، ومصادرها الطبيعيّة محدودةٌ؛ لذلك فإن زيادة أعدادِ السكّان بشكل كبير مع محدوديّة مواردِ الأرض سوف يؤدي إلى **استنزاف الموارد الطبيعيّة Depletion of Natural Resources**، الذي يُعرَف بأنه الاستغلال الجائر للموارد الطبيعيّة بمرور الزمن، دون تعويض النّقصان بالقدْر الكافي. أنظر الشكل (6) الذي يمثّل بعض مظاهر استنزاف الموارد الطبيعيّة. وسيؤثر هذا في قدرة الأرض على إعالة سكّانها على الرغم من أن الأرض لم تصل بَعْدُ إلى الحدّ الأقصى من السَّعة التحمُّليّة؛ لأن هناك مواردَ طبيعيّةً جديدة ما زالت تُكتَشف، ويجري العمل حاليًّا على الاستفادة من الموارد الطبيعيّة المتوافرة، ولكنّ هذا لا ينفي أن قُدْرة الأرض على الإعالة محدودة، ولا يمكن أن تستمرّ إلى ما لا نهاية. ويمكن أن ينتُجَ عن استنزاف الموارد الطبيعيّة مجموعةٌ من المشكلات البيئيّة منها: تلوّث التّربة، وتلوّث الماء، وتلوّث الهواء.

✓ **أتحقق:** أتتبّع أثر الزيادة السكّانية على سعة الأرض التحمُّليّة.

الشكل (6): مساحة كبيرة من الأرض في منطقة الغابات الاستوائيّة المَطيرة تظهر فيها كميّة الأشجار التي قُطِعت منها بشكل جائر، من أجل استخدامها في الصّناعة.

أتوقّع الزمن اللازم لتعويض الأشجار التي قُطِعت بشكل جائر.

أفكّر

أتوقّع ماذا يمكِن أن يحدُثَ للموارد الطبيعيّة لو أن جميع سكّان العالَم يعيشون في المستوى نفسِه من الرفاهية.

تلوُّث التّربة Soil Pollution

تُعَدُّ مشكلةُ تلوُّث التّربة من المشكلات البيئيّة المُهمّة التي يجب دراستها بعناية، إذ يعتمد بقاء الكائنات الحيّة على سطح الأرض على مدى توافُر التّربة، إضافة إلى أنها من الموارد الطبيعيّة التي تتجدَّد ببُطء. ويُعرَف **تلوُّث التّربة Soil Pollution** بأنه أيُّ تغييرٍ في خصائص التّربة الطبيعيّة، أو مكوّناتها، يؤدي إلى انخفاض إنتاجيتها.

ملوّثات التّربة Soil Pollutants

التّربة عُرضَةٌ للتلوُّث بصفتها مصدرًا حيويًّا لحياة الإنسان، ويُعزى تلوُّثُ التّربة إلى أسباب عدة منها:

1. استخدام الموادّ الكيميائيّة سواءٌ المخصَّصة لحماية النباتات ووقايتها من الأمراض، مثل مبيدات الآفات التي تُستعمَل لمقاومة الآفات التي تفتِك بالمحاصيل الزراعيّة، بالرش أو إضافتها لمياه الرَّي، أم المخصَّصة لتحسين خصائص التّربة، مثل الأسمدة التي يستخدمها المزارعون لتعويض النقص في عناصر التّربة الغذائيّة الضروريّة لنموّ النباتات . أنظر الشكل (7).

أتحقّق: أُوضِّح المقصودَ بتلوُّث التّربة.

الرّبط بالبيئة

تُبذل الكثير من الجهود على المستوى العالمي من أجل استدامة الموارد الطبيعيّة، وذلك عن طريق مجموعة من العمليّات والإجراءات التي تسمح باستغلال الموارد الطبيعيّة بشكل حذِرٍ، ومنظَّم لتغطّي حاجاتِنا دون الإضرار بالأنظمة البيئيّة، أو الإضرار بإمكانيّة توافرها للأجيال القادمة.



أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامجِ صانعِ الأفلام (movie maker) يوضِّح ملوِّثات التّربة، وأحرِصُ على أن يشملَ الفيلم صوَرًا توضيحيّةً، ثُمّ أشاركهُ معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.



الشكل (7): استخدام مبيدات الآفات لمقاومة آفات المحاصيل.

أستنتج: ما الآثارُ التي يمكِن أن تنتُجَ من سوء استخدام المواد الكيميائيّة، سواءٌ أكانت مبيداتٍ حشريّةً، أم أسمدة كيميائيّةً على خصائص التّربة؟

2. وصول مُخَلَّفاتِ المصانع، والمنازل، ووسائط النقل إلى التّربة، ما يؤدي إلى تغيير خصائصها.

تلوُّث المياه Water Pollution

يُعرَفُ **تلوُّث المياه Water Pollution** بأنه مجمَل التغيّرات التي تحدُث في خصائص المياه الفيزيائيّة والكيميائيّة والحيويّة ما يجعلها غيرَ صالحة للشّرب والاستخدامات المنزليّة والزراعيّة والصناعيّة.

مصادر تلوُّث المياه Sources of Water Pollution

تتنوّع مصادر تلوُّث المياه في الطبيعة ومنها أنظمة الصّرف الصحيّ، والحُفَر الامتصاصيّة، والتخلُّص غيرُ الكفؤِ من النفايات الخطِرة، ومكابّ النفايات الصُّلبة، وتسرُّب المواد الكيميائيّة والنّفط، واستخدام المبيدات الحشريّة والأسمدة في الزراعة، وأنشطة المناجم وغيرها.

ويُعَدُّ الإفراطُ في استخدام الأسمدة الغنيّة بالنّترات والفسفور التي قد يصل الزائد منها ببُطء إلى مواردِ المياه السطحيّة الراكدة أو المتحرّكة، السّببَ الذي يؤدي إلى زيادة نُمُوِّ الطحالب التي تظهرُ على شكل غِطاءٍ أخضَرَ رقيقٍ على سطح الماء. وعند مَوتِها تتحلّل بفعل البكتيريا الهوائيّة فتستنزف الأكسجين الذائب في الماء ما يؤدي إلى مَوت الكائنات الحيّة المائيّة، وهذا ما يُعرَف بظاهرة **الإثراء الغذائيّ Eutrophication**. أنظر الشكل (8).

الرّبط بالعلوم الحياتيّة

تعد البكتيريا الإشريكيّة القولونيّة Escherichia coli، التي تُعرَفُ أيضًا بجرثومة الأمعاء الغليظة مؤشّرًا حيويًّا لتلوُّث مياه الشُّرب بمُخَلَّفات الكائنات الحيّة، وهي بكتيريا تنتمي إلى العائلة المِعَويّة وتُسبِّب أمراض القناة الهضميّة.

أفكِّرُ

لماذا يؤدي رَيُّ المحاصيل بالمياه العادمة، أو مياه الأنهار التي تُطرَحُ فيها الفَضَلات المنزليّةُ والصناعيّة إلى تلوُّث التّربة.

أتحقّق: أُوضِّح المقصودَ بتلوُّث المياه.

الشكل (8): ظاهرة الإثراء الغذائيّ.

أتوقَّع: كيف يمكِن مَنْعُ حدوث ظاهرة الإثراء الغذائيّ؟



الاحترار العالميّ Global Warming

درَستُ سابقًا أن **الاحترارَ العالميّ Global Warming** هو زيادة تدريجيّة في معدّل درجات الحرارة العالمية الناجمة عن النشاطات الطبيعيّة والبَشريّة. ويُعزى سببُ الاحترارُ العالميّ إلى تزايُد تراكيز غازات الدفيئة في الغلاف الجويّ الناتجة عن ارتفاع معدّلات حرق الوقود الأُحفوريّ منذ بداية الثورة الصناعية، ويُعدُّ غازُ ثاني أكسيد الكربون أهمَّ هذه الغازات، فقد أظهرت القياسات التي قام بها العلماء أن تراكيزه قد ازدادت في الغلاف الجويّ بشكل كبير منذ منتصف القرن التاسعَ عشرَ وحتى الوقت الحالي. أنظر الشكل (9).

وتشير الدّراسات إلى أنّ درجة حرارة الغلاف الجويّ قد ارتفعت بمقدار °C (2-1.5)، وقد أدى هذا إلى تغيُّر الأنظمة المناخيّة على سطح الأرض، وتهديد حياة الكثير من الكائنات الحيّة، وهذا سيؤدّي إلى ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات بسبب انصهار الجليد في القارّات القُطبيّة، وارتفاع معدَّل الهطول المطريّ السنويّ، ورطوبة التّربة وتخزين المياه في مناطق، ونقص المياه في مناطقَ أخرى؛ لذلك لا بدّ من بذل جهود ملموسة تهدف إلى خفض معدّل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون عن مستوياتها الحاليّة عن طريق التحوّل إلى الموارد المتجدّدة وغير القابلة للنفاد مثل: الطاقة الشمسيّة، وطاقة الرياح، وطاقة المَدّ والجَزْر والطاقة الحيويّة.

الرّبط بالتكنولوجيا

تُستخدَمُ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تسجيل التغييرات في درجة حرارة سطح الأرض؛ للاحتفاظ بسِجلاّتٍ خاصة بها، كما يتم التنبؤ بالحوادث الكارثيّة المحتمَلةِ باستخدام إحداثيات نظام الرّصد العالمي الذي يشمل أقمارًا صناعيّةً للطقس، وأقمارًا صناعيّةً لرصد الأرض.

أفكّرُ

أحدِّد أهمّ الإجراءات الواجب اتخاذها للحدّ من ظاهرة الاحترار العالميّ.

✓ **أتحقّق:** أوضح أثر مشكلة الاحترار العالميّ على البيئة.

تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (ppm)

420
400
380
360
340
320
300

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030

الزمن (years)

الشكل (9): تزايُد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ منذ الستينيّات حتى الوقت الحالي.

أصِف: ماذا حدث لتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ، منذ عام 1960م تقريبًا وحتى الوقت الحالي؟



ثاني أكسيد الكربون والاحترار العالميّ

أدرسُ الجدولَ الآتيَ الذي يمثّل تراكيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ مَقيسةً بجزء من المليون (ppm) في الفترة ما بين (2017-2021) م، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

الشهر / السنة	2017	2018	2019	2020	2021
كانون الثاني	406.05	407.82	410.72	413.29	415.20
آذار	406.06	408.06	410.64	413.19	416.10
أيار	406.38	407.98	411.41	413.85	415.67
تمّوز	407.00	408.59	411.63	414.27	416.62
أيلول	407.16	409.31	412.36	415.12	416.90
تشرين الثاني	407.34	410.24	412.54	415.18	417.07

التّحليل والاستِنتاج:

1. أصِف تغيُّر تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في شهرَيْ كانون الثاني وتمّوز في الفترة ما بين (2017-2021) م.
2. أستنتِج الأسباب التي أدت إلى زيادة تراكيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الفترة ما بين (2017-2021) م.
3. أتوقّع الآثارَ البيئيّة التي نتجت عن زيادة تراكيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ في المدة الزمنية الواقعة ما بين (2017-2021) م.
4. أقترِح حلولًا يمكِن أن تُسهِم في خفض معدّل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ.

التصحُّر Desertification

يُعـرَفُ **التصحُّـر** **Desertification** بأنـه التدهـورُ الكلـيُّ أو الجزئـيُّ لعناصـر الأنظمـة البيئيّـة، ومـا ينجـم عنهـا مـن انخفـاض القُـدرة الإنتاجيّـة لأراضيهـا، وتحوُّلها إلـى مناطقَ شـبيهة بالصحراء (زحـف الصحـراء نحـو الأراضـي الزراعيّـة)؛ بسـبب الاسـتغلال المُفـرِط لمصادرهـا مـن قِبَـل الإنسـان وسـوء أسـاليب الإدارة التـي يطبّقهـا إضافـة إلـى التغيّـرات المناخيّـة.

أفكّرُ

نتيجـة لازديـاد عـدد السـكّان فـي المـدن الكبيـرة والمزدحمة يحـدُث توسُّـعٌ جانبـيّ لهـذه المـدن. أوضِّـح أثـر هـذا التوسُّـعِ علـى فقـدان التّربـة الزراعيّـة، وحـدوث التصحُّـر.

العوامل التي تؤدي إلى التصحُّر Causes of Desertification

ينتُج التصحُّر بفعل عمليّاتٍ طبيعيّة مثلِ تناقص كميّة الأمطار، وتذبذُبِها من عامٍ إلى آخرَ في بعض المناطق، ما يجعلها عُرضة لنَوْباتٍ من الجفاف تؤدي إلى تدمير القُدرة الحيويّة للأراضي الزراعية، وعدم استقرار الأنظمة البيئيّة فيها. وعملياتٍ بَشريّة مثل: الزيادة السكّانيّة التي تؤدي إلى الزّحف العمرانيّ على حساب الأراضي الزراعيّة. فالزيادة السكّانيّة يتبعها بناءُ المزيد من المساكن وإنشاء مُدُنٍ وطُرُق، إضافة إلى استنزاف الأراضي الزراعيّة المتمثّل في الرّعي الجائر الذي يُعَدُّ أحدَ أهمّ الأسباب البشريّة لزوال الغطاء النباتيّ الذي يؤدي إلى تعرية التّربة وانجرافها، وما يتبَعه من نقص في إنتاجيّة الأراضي وتدهورها. أنظر الشكل (10).

أتحقّق: أوضِّح المقصود بالتصحُّر.

ويُعَدُّ التصحُّرُ إحدى المشـكلاتِ البيئيّـة التي يعاني منها الأردنّ فـي الآونـة الحاليّـة، ما جعلـه يبذل جهـودًا حثيثـةً لمكافحـة التصحُّر عـن طريق تكثيف حَمـلاتِ التّشـجير بإشـراف وزارة الزراعة وغيرها من الجهات المسـؤولة.



الشكل (10): الرَّعْي الجائر أحدُ أسباب التصحُّر.
أوضِّح: كيف يؤدي الرَّعْي الجائر إلى التصحُّر.



الشكل (11): انجراف طبقة التّربة السطحيّة.

أستنتج: ما العوامل التي تؤدي إلى تَعريَة التّربة وانجرافِها؟

أفكِّرُ

كيف يمكِن أن تؤدي الممارساتُ الزراعيّة غيرُ الصحيحة إلى تملُّحِ التّربة وغيرها من المشكلات؟

مظاهر التصحُّر Manifestations of Desertification

للتصحُّر مظاهرُ عِدّة نذكر منها: انجراف طبقة التّربة السطحيّة. أنظر الشكل (11). وزحف الرّمال الذي يؤثّر في الأراضي الزراعيّة والرّعويّة ما يُحيل المنطقة المتأثرة بحركة الرّمال إلى حالة من التصحُّر الحادّ، إضافة إلى تملُّح التّربة الزراعيّة بسبب الأساليب الزراعيّة الخطأ.

مكافَحة التصحُّر Combating Desertification

خطت بعضُ الدول ذاتُ المناخ الجافّ، وشِبه الجافّ خطواتٍ واسعةً في مقاومة التصحُّر عن طريق زراعة الأشجار لوقف زحْف الرّمال عن طريق مشروع تثبيت الكُثبان الرمليّة، وعمل المصاطب في المناطق الجبليّة لمقاومة انجراف التّربة وتدهوُرِها، إضافة إلى الاستفادة من المياه الجوفيّة والمياه السطحيّة، ومياه السّدود في استصلاح الأراضي الزراعيّة. ويشارِكُ الأردنُّ دولَ العالَمِ في مكافحة التصحُّر؛ ويتمثّل ذلك في توقيع الأردنّ على الاتفاقيّة الدوليّة لمكافحة التصحُّر منذ عام 1996م.

الرّبط بالبيئة

تأسّست الجمعيّةُ الأردنيّةُ لمكافحة التصحُّر وتنمية البادية في عام 1990م، وتختص في مجال مكافحة التصحُّر. وتبذل الجمعيّةُ العديدَ من الجهود في هذا المجالِ منها: مشروعٌ بالتعاون مع المدارس بمنطقة أمّ رمانة في محافظة الزرقاء؛ لزراعة الأشجار الحرجيّة، وأشجار الزيتون، باستخدام تقنية "الصناديق المائيّة".

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أتتبَّع أثر الزيادة السكّانيّة الكبيرة على الموارد الطبيعيّة.
2. أوضِّح المقصودَ بظاهرة الاحترار العالميّ وأسبابها وآثارها على البيئة.
3. أحدِّد مُلَوِّثَيْنِ اثنَيْنِ للتربة ودورَهما في إخلال اتّزان النظام البيئيّ.
4. أوضِّح العلاقة بين تلوُّث المياه وظهور غطاء أخضرَ رقيقٍ على سطحها.
5. **أصِف** الجهود التي بذلَتها بعضُ الدول في مقاومة التصحُّر.



الإثراء والتوسّع

التلوُّث السَّمْعيّ (الضّوضائيّ)
Noise Pollution

يُعرَفُ التلوُّثُ السَّمْعيُّ (الضّوضائيُّ) بأنه أيُّ نوعٍ من الأصوات التي تزعِج الإنسان، أو تضُرُّ به، ويصعُب في بعض الأحيان الاتفاقُ بين الأفراد على وصفِ صوت معيَّن بأنه مزعِج، أو غيرُ مزعِج بسبب الاختلافات الثقافيّة أو العُمْريّة أو غير ذلك. ويتأثر الإنسانُ بشدّة الصوت، وبالمدّة الزمنية التي يتعرّض فيها للصوت أو الضّوضاء. فكلّما كانت المُدّة التي يتعرّض فيها للصوت أطولَ وكان التعرّضُ متّصلًا، زاد هذا التأثُّر. ولا يتوقّف تأثير الضّوضاء على الإنسان وحدَهُ، بل تمتدّ هذه الآثار الضارّةُ إلى الحيوانات الأليفة والبرّيّة. وتُقاسُ شِدّةُ الصوت بوحدةِ الديسيبل التي تُعرف اختصارًا بِـ(dB) وتُعبِّر عن مقدار التغيّرات في ضغط الهواء التي تسبّبها الأمواجُ الصوتيّة.

الكتابة في الجيولوجيا

أنشِئ مطويّةً ثنائيّة الأجزاءِ بطَيِّ ورقةِ دفترٍ رأسيًّا، أو أُفقيًّا عند المنتصَف؛ لتدوين معلوماتٍ عن التلوُّث السَّمْعيِّ (الضّوضائيِّ).

السؤال الأوّل: أضعُ دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. ينتُج التصحُّر بفعل عمليّات طبيعيّة مثل:

أ) الزّحف العمرانيّ.

ب) الزيادة السكّانيّة.

ج) الرَّعْي الجائر.

د) تناقص كميّة الأمطار.

2. تشير العبارة الآتية: " زيادة تدريجيّة في معدّل درجات الحرارة العالميّ ناجمة عن النشاطات الطبيعيّة والبَشريّة" إلى:

أ) الانفجار السكّاني.

ب) السَّعة التحمُّليّة.

ج) الاحترار العالَميّ.

د) التصحُّر.

3. تميزت المرحلة الأولى من مراحل التحوّل الدّيموغرافيّ بما يأتي:

أ) ارتفاع معدَّلات المواليد عند الاقتراب من نهايتها، رافقها تذبذُبٌ في معدَّلات الوفيات.

ب) ارتفاع معدَّلات المواليد، رافقها انخفاض في معدَّلات الوفيات.

ج) انخفاض سريع في معدَّلات المواليد، رافقها انخفاض في معدَّلات الوفيات.

د) انخفاض في معدَّلات المواليد، ومعدَّلات الوفيات.

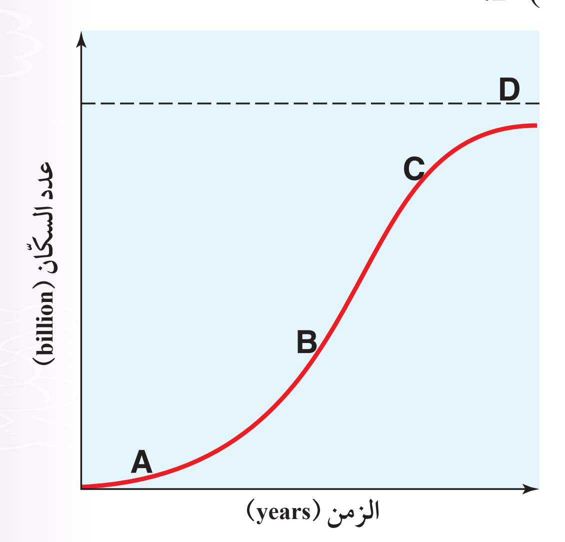
4. أحدِّد أيَّ أجزاء المخطَّط الآتي (A, B, C, D) تشير إلى السَّعة التحمُّليّة:

أ) A.

ب) B.

ج) C.

د) D.



السؤال الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ منَ المصطلَحات:

أ- يُسمّى مُجمَلُ التغيّرات التي تحدث في خصائص المياه الفيزيائيّة والكيميائيّة والحيويّة، ما يجعلها غيرَ صالحة للشرب، والاستخدامات المنزليّة والزراعيّة والصناعيّة..............................

ب- الاستغلال الجائر للموارد الطبيعيّة بمرور الزمن، دون تعويض النقصان بالقدْر الكافي يسمّى..

ج- زيادة أعداد السكّان بمعدَّلات كبيرة؛ نتيجة ارتفاع نِسَب الزيادة الطبيعيّة لمعدّل المواليد مع مرور الزمن تُعرف بـ.........................

د- عدَد الجماعات السكّانيّة التي يمكِن للنظام البيئيّ دعمُها وإعالتُها هو وصف لِـ..

هـ- التغيير في خصائص التّربة الطبيعيّة، أو مكوّناتها حيث يؤدي إلى انخفاض إنتاجيتها هو ....

و- الزيادة التدريجيّة في معدَّل درجات الحرارة العالميّ الناجمة عن النشاطات الطبيعيّة والبَشريّة هي..................................

السؤال الثالث:

أفسِّرُ كُلًّا مما يأتي تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

أ- يهتمّ العلماء بمعرفة هل بلغت الجماعات السكّانية البَشريّة السَّعة التحمُّليّة أم تجاوزتها.

ب- تُعدُّ الأسمدة الكيميائيّة ومبيدات الآفات الزراعيّة من أهمّ مصادر تلوُّث التّربة.

السؤال الرابع:

أوضِّح العلاقة بين كلّ مصطلَحَين مما يأتي:

أ- التصحُّر – الزّحف العمرانيّ.

ب- السَّعةُ التحمُّليّة – النّموّ السكّانيّ.

السؤال الخامس:

أوضِّح المقصود بظاهرة الإثراء الغذائيّ.

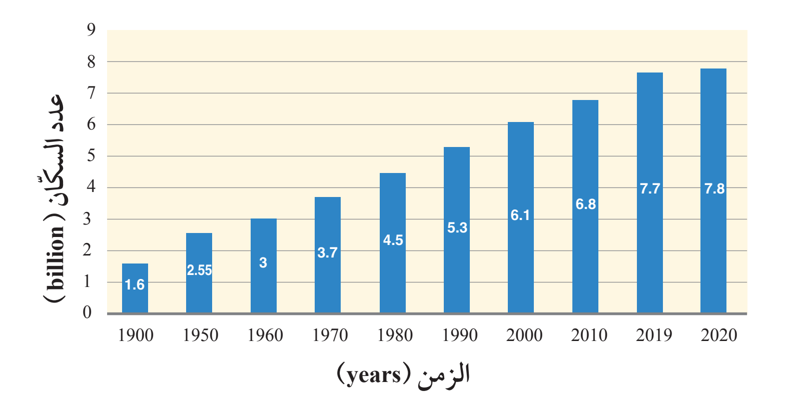


السؤال السادس:

أوضِّح: لماذا يُعَدُّ التصحُّر نتاجًا للزيادة السكّانيّة والتغيرّات المناخيّة؟

السؤال السابع:

أدرُس الشكل الآتيَ الذي يبيّن أعداد سكّان العالم في الفترة ما بين (1900 - 2020) م، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ - أحدِّد العام الذي كان فيه عدَدُ سكّان العالم أقلَّ ما يمكِن.

ب - أحدِّد: كم بلغت الزيادة في عدد سكّان العالم خلال الفترة (1900 - 2020) م؟

ج - **أتوقّع:** ما أهمّ الأسباب التي أدّت إلى الزيادة الكبيرة في عدَد سكّان العالم في القرن العشرين؟

الوحدة 2

التّراكيب الجيولوجيّة

Geological Structures

قال تعالى:

﴿وَٱلۡأَرۡضِ ذَاتِ ٱلصَّدۡعِ﴾

(سورة الطارق : الآية 12)



أتأمّل الصّورة

الأصل في الصّخور الرسوبيّة أن تتوضّع في الطبيعة على شكل طبقات أفقيّة، إلا أنها قد تتعرّض لقُوى تعمل على تشوّهها، ما يؤدي إلى مَيلها أو طيّها أو كسرِها .

فما المقصود بتشوّه الصّخور؟ وماذا نسمّي التشوّهات التي تحدث للصّخور نتيجة تعرُّضها لقُوى معيّنة؟



الفكرة العامّة:

تنتُج التّراكيب الجيولوجيّة عند تعرُّض صخور القشرة الأرضيّة لقُوى مختلفة. ومن الأمثلة على هذه التراكيب : الصُّدوع والطيّات.

الدرس الأول: تشوّه الصّخور

الفكـرة الرئيسـة: تتعـرّض صُخـور القشـرة الأرضيّـة إلـى قُـوى قـد تُغيّـر مـن شـكلها أو حجمِهـا أو كليهمـا معًـا، ويعتمـد هـذا التغيّر علـى عوامـلَ عـدّة منهـا نـوعُ الإجهـاد.

الدرس الثاني: الصُّدوع

الفكـرة الرئيسـة: تظهـر الصُّدوع فـي صُخور القشـرة الأرضيّـة بأشـكال مختلفـة؛ اعتمادًا علـى مَيل مسـتوى الصَّدع، والحركة النّسـبيّة بيـن الكُتلتيـن الصّخريّتيـن علـى جانبَـيْ مسـتوى الصَّـدع.

الدرس الثالث: الطيّات

الفكـرة الرئيسـة: تنتُـج الطيّـات عـن تعـرُّض الطبقات الصّخريّة لإجهـاد الضّغط ، فتتقوّس نحـو الأعلـى، أو نحـو الأسـفل، وتُصنَّـف الطيّـات اعتمادًا على أسـس عدّة منهـا: اتجاه التقـوّس، وزاويـة مَيـل المسـتوى المِحوريّ.

تجربة استهلاليّة

كيف تؤثّر القُوى المختلفة في صخور القشرة الأرضيّة؟

تتخذ الصّخور في الطبيعة أشكالًا مختلفة، إلا أنها لا تبقى على حالها إذ تتغيّر بفعل القُوى المختلفة التي تتعرّض لها.

الموادّ والأدوات: عصًا خشبيّة رقيقة، معجون أطفال (صَلصال).

إرشادات السّلامة:

- الحذَر في أثناء كسر العصا عند تنفيذ خطوات التجربة.

خطوات العملِ:

1. أُمسِك العصا الخشبيّة، ثم أثني طرفيها نحو الداخل قليلًا وبلطف، ثم أتركها، وأدوِّن ملاحظاتي.
2. أُمسِك العصا الخشبيّة، ثم أثني طرفيها نحو الداخل بقوّة وبسرعة أكبر، وأدوِّن ملاحظاتي.
3. أُشكِّل أسطوانة من قطعة المعجون بسُمك العصا الخشبيّة الرقيقة وطولها.
4. أكرِّر الخُطوتين السابقتين (1، 2) باستخدام أسطوانة المعجون، ثم أدوِّن ملاحظاتي.

التّحليل والاستِنتاج:

1. **أقارِن** بين التغيّر الذي حصل على شكل العصا الخشبيّة الرقيقة عند دفع طرفيها باتجاهين متعاكسين نحو الداخل في الخطوتين (1،2).
2. **أستنتِج** نوع القوّة التي أثّرت بها على العصا الخشبيّة وأسطوانة المعجون.
3. **أفسِّر** سبب اختلاف سلوك العصا الخشبيّة، وسلوك أسطوانة المعجون بالرّغم من تشابُه نوع القوّة المؤثّرة عليهما.
4. **أتوقّع**: هل تسلُك صُخور القشرة الأرضيّة المختلفة في الطبيعة سلوكَ العصا الخشبيّة الرقيقة، وسلوك أسطوانة المعجون عندما تتأثر بالقُوى المختلفة؟



تشوُّه الصّخور

Deformation of Rocks

الفكرة الرئيسة:

تتعرّض صخور القشرة الأرضيّة إلى قُوى قد تغيِّر من شكلها أو حجمِها أو كليهما معًا، ويعتمد هذا التغيّر على عواملَ عدّة منها نوعُ الإجهاد.

نتاجات التعلّم:

- أوضِّح المقصود بتشوُّه الصّخور، والتراكيب الجيولوجيّة.
- أميِّز بين أنواع الإجهادات الثلاثة.
- أصِف العلاقة بين الإجهاد والمطاوَعة لمادّة هشّة وأخرى لَدِنة.
- أربِط بين نوع التركيب الجيولوجيّ ونوع الإجهاد الذي أثَّر فيه.

المفاهيم والمصطلحات:

التشوُّه Deformation

التراكيب الجيولوجيّة Geological Structures

الإجهاد Stress

المطاوَعة Strain

التشوُّه الهَشّ Brittle Deformation

التشوُّه اللّدِن Plastic Deformation

التراكيب الجيولوجيّة Geological Structures

تعلّمتُ في صفوف سابقة أن صُخور القشرة الأرضيّة بأنواعها المختلفة تتوضّعُ بأشكال مختلفة معيَّنة عند تكوُّنِها، إلا أنها مع مرور الزمن قد تتعرّض لقُوى خارجيّة، أو قُوى داخليّة تُغيّر من شكلها أو حجمها أو الاثنين معًا، ويُسمّى هذا التغيّر الذي يحدث على الصّخور وهي في الحالة الصُّلبة **التشوُّهَ Deformation**، وتُسمّى المظاهرُ أو التشوّهاتُ التي تحدث في الصّخور نتيجة تلك القوى **التراكيبَ الجيولوجيّةَ Geological Structures**. أنظر الشكل (1) الذي يمثّل أحد التراكيب الجيولوجيّة.

ولكن على ماذا يعتمد تشوُّه الصّخور، وتكوُّن التراكيب الجيولوجيّة المختلفة؟

الشكل (1): أحد التراكيب الجيولوجيّة الناتجة عن تشوُّه الصّخور الرسوبية غرب قرية دلاغة جنوب الأردن.

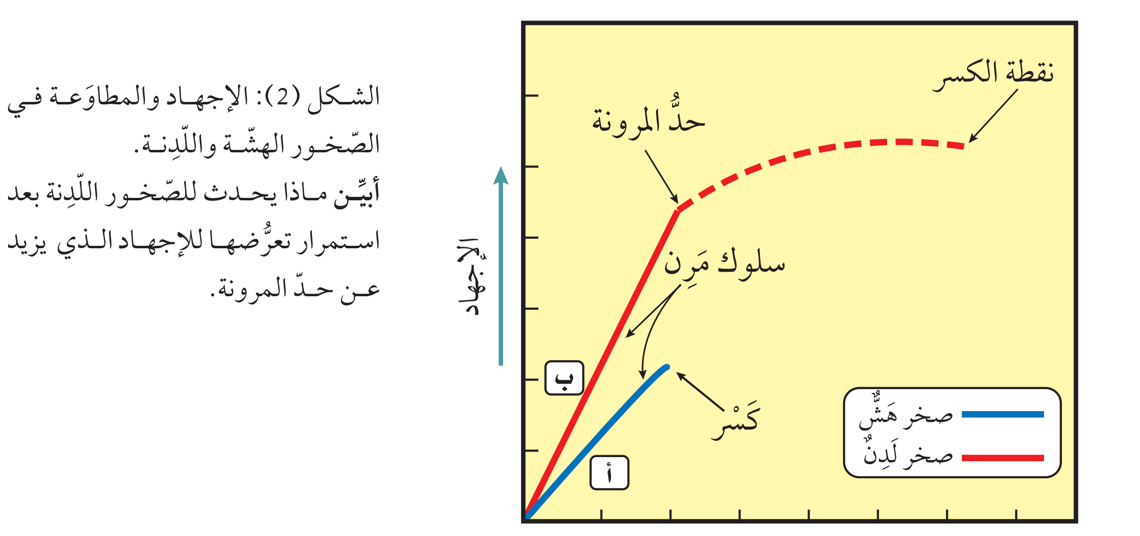
أصِف التركيب الجيولوجيّ في الصّخور الرسوبية.

الإجهاد والمطاوَعة Stress and Strain

تُسـمّى القـوّةُ المؤثِّـرةُ علـى وحـدة المسـاحة مـن الصّخـر **الإجهـادَ Stress** ويُقـاسُ الإجهـادُ بوحـدة (N/m^2)، ومـا يحـدث للصّخـور مـن اسـتجابة له كالتغيّر في شـكلها أو حجمِهـا أو كليهما معًا تُسـمّى **المطاوَعة Strain**، وتعتمِـد مطاوَعـة الصّخـور علـى مقـدار الإجهـاد المؤثّـر عليهـا وعلـى نوعـه، كما تختلـف مطاوَعـة الصّخور فـي الطبيعة تبَعًا إلـى نوعها؛ إذ تسـلك الصّخـور الهشّـة والصّخـور اللّدِنـة عنـد تعرّضهما لإجهـاد أقلَّ مـن حـدّ المرونـة - وهـو الحـدّ الـذي لا يمكـن للصّخـور بَعدَه أن تعـود إلـى وضعهـا الأصلـي الـذي كانـت عليه قبـل تأثّرهـا بالإجهاد - سـلوكًا مرِنًـا أي تعـود إلـى وضعها الأصلـي الذي كانـت عليه عنـد زوال الإجهاد عنهـا. وعنـد زيـادة الإجهـاد على الصّخور الهشّـة عـن حدّ المرونـة، فإنها تنكسـر. أمـا فـي الصّخـور اللّدِنـة، فـإن زيـادة الإجهـاد المؤثّـر عليها عن حـدّ المرونـة يـؤدي إلـى تغييـر شـكلها وحجمها مـن غيـر كَسْـرِها، وعند زيـادة الإجهـاد المؤثّرعليهـا بعـد ثَنْيِها حـدًّا يتجاوز نقطة الكسـر تنكسـر. أنظـر الشـكل (2) الـذي يوضـح سـلوك الصّخـر الهـش والصّخـر اللَّدِن. فالصّخـر الهـشّ (أ) والصّخـر اللّدِن (ب) يسـلكان سـلوكًا مرِنًـا عند زيادة الإجهـاد المؤثّـر عليهما قبل حـدّ المرونة. أمـا بعد هذا الحدّ، فـإن الصّخر (أ) ينكسـر، والصّخـر (ب) ينثنـي، ثـم بزيـادة الإجهاد عليه ينكسـر.

الرّبط بالفيزياء

يُشار إلى وحدة قياس الإجهاد (N/m^2) بوحدة الباسكال.



الشـكل (2): الإجهـاد والمطاوَعـة فـي الصّخـور الهشّـة واللّدِنـة.
أبيِّـن مـاذا يحـدث للصّخـور اللّدِنة بعد اسـتمرار تعرُّضهـا للإجهـاد الـذي يزيد عـن حـدّ المرونة.


(أ)


(ب)

الشكل (3):
(أ): صخور رسوبيّة يظهر فيها التشوّه الهشّ؛ نتيجة زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة.
(ب): صخور رسوبيّة يظهر فيها التشوّه اللّدِن؛ نتيجة زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة.

العوامل التي يعتمِد عليها تشوُّهُ الصّخور

Factors Affecting Deformation of Rocks

تؤثّر مجموعة من العوامل في استجابة الصّخور للإجهادات المختلفة المؤثّرة عليها وتشوُّهها ما يؤدي إلى اختلاف التراكيب الجيولوجيّة الناتجة عنها وهي: نوع الصّخور، ونوع الإجهاد، ودرجة الحرارة، والزمن.

أنواع الصّخور Types of Rocks

عرفتُ سابقًا أن الصّخور في الطبيعة تختلف في مطاوَعتها فقد تكون صُخورًا هشّة، أو صُخورًا لَدِنة، وأن الصّخور الهشّة تنكسر عند زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة، ويُسمّى تشوُّهُ الصّخور الهشّة عند كسرها **التشوّهَ الهشَّ** **Brittle Deformation**. ومن الأمثلة عليها صُخورُ البازلت وصُخورُ الصوّان. أنظر الشكل (3/ أ). أما الصّخور اللّدِنة، فتَنثني عند زيادة الإجهاد المؤثّر عليها عن حدّ المرونة، ويسمّى تشوُّهُ الصّخور اللّدِنة **التشوُّهَ اللَّدِنَ** **Plastic Deformation**. ومن الأمثلة عليها الصّخورُ الطينيّةُ، وصُخورُ الغضار. أنظر الشكل (3/ ب).

أفكّر

متى يمكن أن تعود الصّخور إلى وضعها الأصليّ الذي كانت عليه بعد زوال الإجهاد المؤثّر عليها؟

أنواع الإجهاد Types of Stress

تختلف التراكيب الجيولوجيّة الناتجة عن مطاوَعة الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة باختلاف نوع الإجهاد المؤثّر عليها، إذ إن للإجهاد ثلاثةَ أنواع؛ اعتمادًا على اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصّخر وهي: الضّغط، والشّد، والقصّ. أنظر المخطّط المفاهيمي الوارد في الشكل (4). الذي يبيّن أنواع الإجهاد على صخور لَدِنة.



الشكل (4): أنواع الإجهاد.

أقارِن بين إجهاد الضّغط، وإجهاد القصّ من حيث اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصّخور.

ولتعرُّف أثر أنواع الإجهاد في الصّخور الهشّة، والصّخور اللّدِنة أنفّذ النشاط الآتي:



أثر أنواع الإجهاد في الصّخور المختلفة

يوضّح الجدول الآتي أثر أنواع الإجهاد المختلفة في كلّ من الصّخور الهشّة، والصّخور اللّدِنة. أدرسُ الأشكال في كلّ منها، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

نوع الإجهاد	ضغط	شد	قصّ
الصّخور الهشّة	(س) كسْر بسبب الضّغط	(ص) كسْر بسبب الشّد	(ع) كسْر بسبب القصّ
الصّخور اللّدِنة	(ل) طيّ بسبب الضّغط	(م) اتساع وتقليل السُّمك في الوسط وانتفاخ الأطراف في الصّخور	(ن) طيّ بسبب القصّ

التّحليل والاستِنتاج:

1 . أحدِّد نوع الإجهاد المؤثّر على الصّخور الهشّة (س، ص).

2 . أوضِّح أوجه تشابُهِ تأثير أنواع الإجهاد في الصّخور الهشّة.

3 . **أصِف** أثر أنواع الإجهاد المختلفة على الصّخور اللّدِنة (ل، م، ن).

4 . أوضِّح تأثير إجهاد الشّد في كلّ من الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة.

5 . **أتوقّع:** ماذا تسمّى التراكيبُ الجيولوجيّةُ الناتجةُ عن إجهاد الضّغط في الصّخور الهشّة والصّخور اللّدِنة؟

توصّلت من النشاط السابق إلى أن نوع الإجهاد يحدّد نوع التركيب الجيولوجيّ الناتج عنه، فالصّخور الهشّة عندما تتعرّض للإجهادات تنكسر بحسب نوع الإجهاد المؤثّر عليها، وتسمّى التراكيبُ الناتجةُ عن الإجهادات المختلفة المؤثّرة في الصّخور الهشّة الصُّدوعَ. أما الصّخور اللّدِنة عندما تتعرّض للإجهادات، فإنها تنثني أو تقل سماكتها في الوسط بحسب نوع الإجهاد المؤثّر عليها، وتُسمّى التراكيبُ الجيولوجيّةُ الناتجةُ عن إجهادَيِ الضّغط والقصّ المؤثّرين في الصّخور اللّدِنة الطيّاتِ.

درجة الحرارة Temperature

تسهم درجة الحرارة في تعديل سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا. فصُخور القِشرة الأرضيّة التي توجد بالقرب من سطح الأرض يتغيّر سلوكُها فيصبح سلوكًا لدِنًا إذا كانت في باطن الأرض؛ لارتفاع درجة الحرارة بزيادة العُمق بفعل المَمال الحراريّ الأرضيّ. أنظر الشكل (5).

الزّمن Time

يعمل الزّمن على تعديل سلوك الصّخور الهشّة؛ ليصبح سلوكًا لدِنًا؛ بسبب بقاء الصّخور مُدَدًا زمنيّة طويلة تحت تأثير الإجهاد، دون حدّ المرونة.

الشكل (5): تسلك صُخور الصوّان الهشّة سلوكًا لدِنًا؛ نتيجة تأثّرها بعامل درجة الحرارة.

أحدِّد نوع التركيب الجيولوجيّ في صُخور الصوّان.



أعمل فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يوضّح أثر الإجهادات المختلفة على الصّخور الهشّة واللّدِنة، وأحرص على استخدام خاصّية الردّ الصّوتيّ فيه لإضافة الشّروحات المناسبة، ثم أشارِكُه معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أتحقّق: أُبيِّن أثرَ درجة الحرارة في سلوك الصّخور الهَشّة.

مراجعة الدرس

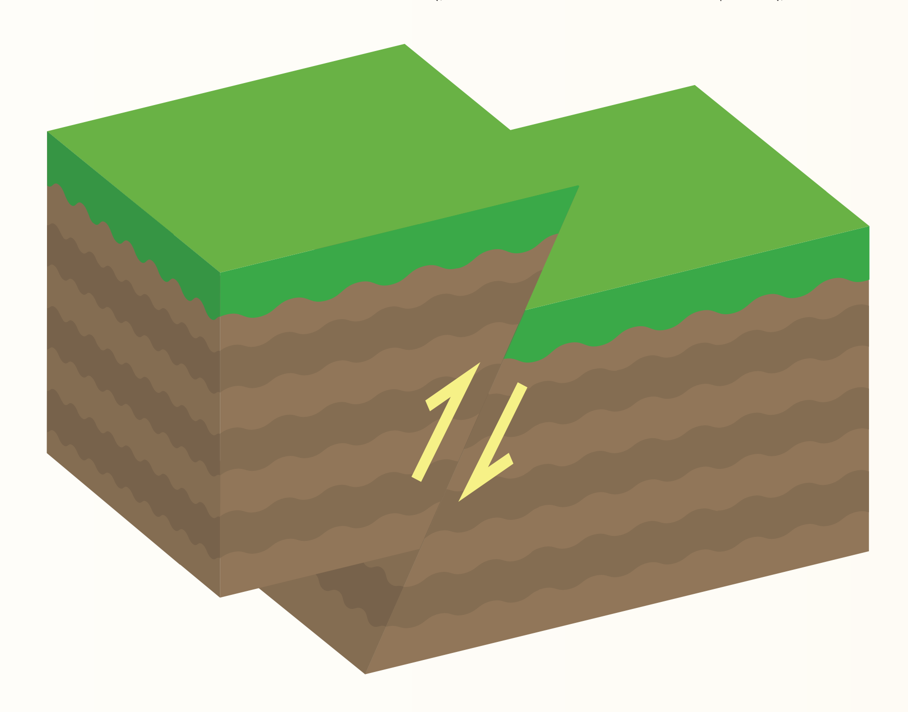
1. **الفكرة الرئيسة**: أحدِّد العوامل التي يعتمِد عليها تشوُّهُ الصّخور.

2. أوضِّح المقصود بكل من: الإجهاد، والمطاوَعة، والتراكيب الجيولوجيّة.

3. **أصِف** أثرَ إجهاد الشّد على الصّخور اللّدِنة.

4. **أفسِّر** وجودَ طيّاتٍ في بعض الصّخور الهشّة.

5. أدرُس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . **أستنتِج** نوع الإجهاد الذي أثّر في الصّخور.

ب. **أصِف** : كيف أثّر الإجهاد في الصّخور؟

جـ. أحدِّد نوع التشوّهِ في الصّخور؛ نتيجة تأثّرها بالإجهاد الواقع عليها.

الصُّدوع
Faults

الفكرة الرئيسة:

تظهر الصُّدوع في صُخور القِشرة الأرضيّة بأشكال مختلفة؛ اعتمادًا على مَيل مستوى الصَّدع، والحركة النّسبيّة بين الكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع.

نتاجات التعلّم:

- أوضِّح المقصود بالصَّدع.
- أميِّز أنواع الصُّدوع المختلفة.
- أربِط بين نوع الصَّدع ونوع الإجهاد المتسبِّب في نشأته.

المفاهيم والمصطلحات:

الصَّدع	Fault
مستوى الصَّدع	Fault Plane
الجدار المُعلَّق	Hanging Wall
الجدار القَدَم	Foot Wall
الصُّدوع العاديّة	Normal Faults
الصُّدوع العكسيّة	Reverse Faults
الصُّدوع الجانبيّة	Strike – Slip Faults
الصُّدوع الدرجيّة	Step Faults
الأحواض الخَسْفيّة	Grabens
الكُتل الاندفاعيّة	Horsts

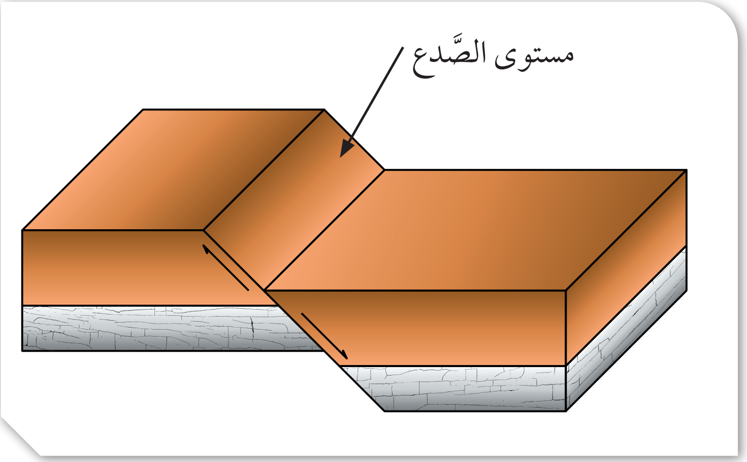
مفهوم الصَّدع Concept of Fault

تعلَّمتُ سابقًا أن الطبقات الصّخريّةَ قد تتعرّض إلى إجهادات مختلفة تعمل على تشوُّهِها، وينتج عن هذه الإجهادات تراكيبُ جيولوجيّة مختلفة. وتُعَدُّ الصُّدوعُ أحَدَ هذه التراكيب الجيولوجيّة، فما المقصود بالصُّدوع، وما أنواعُها؟

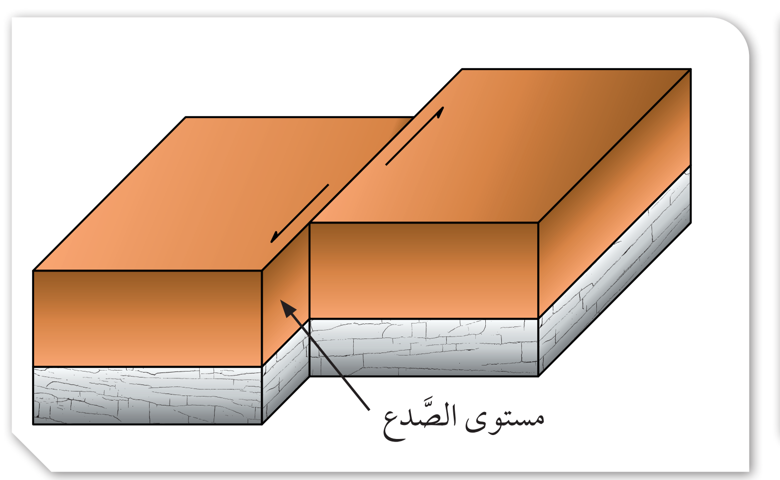
يُعرَفُ **الصَّدعُ Fault** على أنه كَسْرٌ يحدُث في صُخور القشرة الأرضيّة، وينتُج عنه كُتلتان صخريّتان تتحرّكان بشكل مُوازٍ لسطح الكَسر. وقد تتحرّك الكُتلتان في الصُّدوع على جانبَيِ الكسر حركةً رأسيّة أو أفقيّة. وغالبًا ما تبقى الكُتلتان متلامِسَتين. أنظر الشكل (6).

الشكل (6): في الصُّدوع تتحرّك الكُتَل الصّخريّة بشكل مُوازٍ لسطح الكسر.





(أ)



(ب)

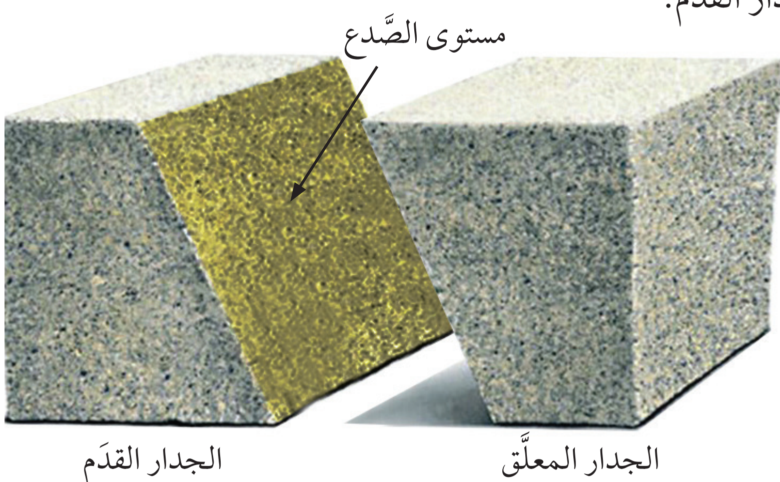
الشكل (7):
(أ): مستوى الصَّدع يصنع زاوية أقلَّ من °90 مع المستوى الأفقيّ.
(ب): مستوى الصَّدع يصنع زاوية مقدارُها °90 مع المستوى الأفقيّ.

لاحظَ الجيولوجيّون اختلاف الأشكال التي تظهر فيها الصُّدوع في صُخور القشرة الأرضيّة. ولتسهيل دراسة الصُّدوع وتمييزها في الميدان عملوا على تحديد أجزاءٍ لها.

أجزاءُ الصَّدع Fault Parts

- **مستوى الصَّدع Fault Plane** يُعرَفُ على أنه السّطحُ الذي تتحرّك عليه الكُتل الصّخريّة. وقد يكون مستوى الصَّدع مائلًا عندما تكون زاوية المَيل التي يصنعها مع المستوى الأفقيّ أكبرَ من صِفرٍ، وأقلَّ من °90، أو قد يكون مستوى الصَّدع رأسيًّا عندما تكون زاوية المَيل التي يصنعها مع المستوى الأفقيّ تساوي °90. أنظر الشكل (7/ أ، ب).
- **الجدار المُعلَّق Hanging Wall** وهو الكُتلة الصّخريّة التي تقع فوق مستوى الصَّدع المائل.
- **الجدار القدَم Foot Wall** وهو الكُتلة الصّخريّة التي تقع أسفلَ مستوى الصَّدع المائل.

أنظر الشكل (8) الذي يوضّح مستوى الصَّدع، والجدار المعلَّق، والجدار القدَم.



الشكل (8): الجدار المعلّق والجدار القدَم.

أتوقّع سبب تسمية الجدار المعلَّق، والجدار القدَم بهذا الاسم.

تصنيف الصُّدوع Faults Classification

تُصنَّفُ الصُّدوعُ؛ اعتمادًا على مَيل مستوى الصَّدع إلى صُدوع رأسيّة يكون فيها مستوى الصَّدع رأسيًّا، وصُدوع مائلة يكون فيها مستوى الصَّدع مائلًا.

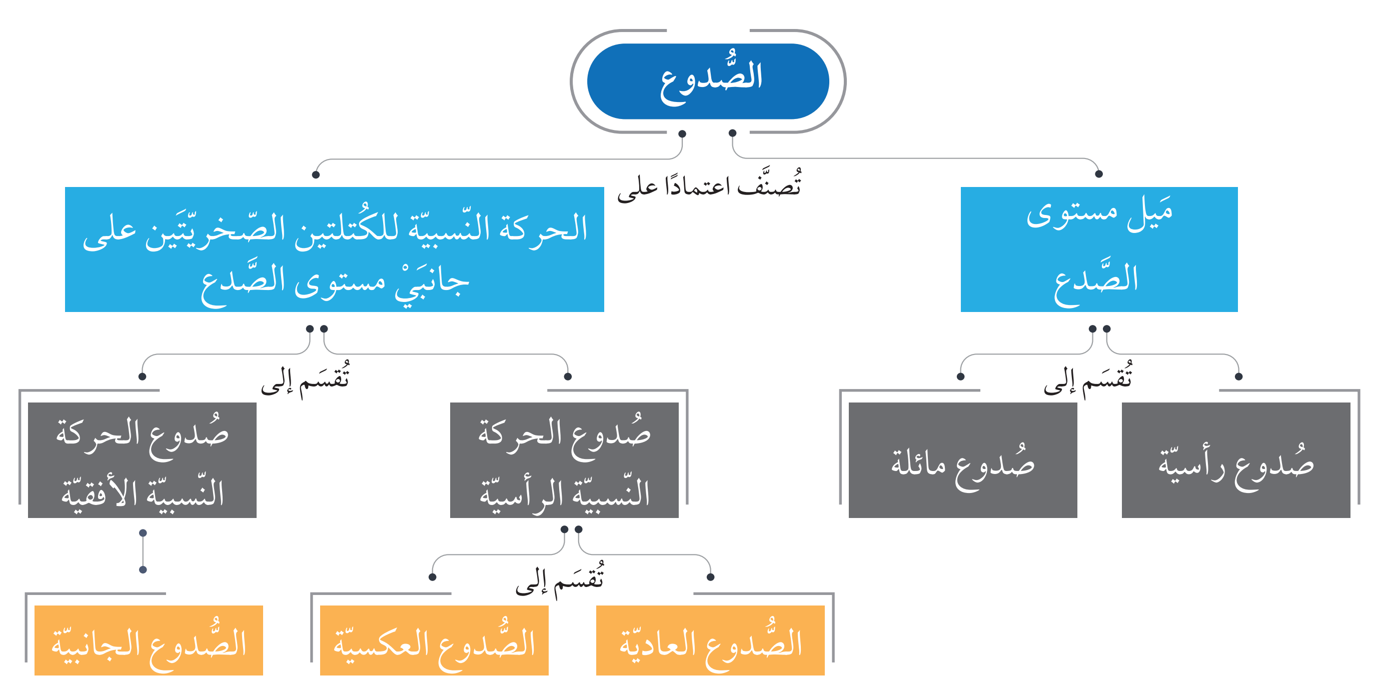
وتُصنَّفُ الصُّدوعُ أيضًا؛ اعتمادًا على الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع إلى صُدوع الحركة النّسبيّة الرأسيّة التي تتحرّك فيها الكُتلتان الصّخريّتان حركة نسبيّة للأعلى، وللأسفل على مستوى الصَّدع، وصُدوع الحركة النّسبيّة الأفقيّة التي تتحرّك فيها الكُتلتان الصّخريّتان حركة نسبيّة جانبيّة أفقيّة على مستوى الصَّدع.

تُقسَم صُدوع الحركة النّسبيّة الرأسيّة إلى نوعين: الصُّدوع العاديّة، والصُّدوع العكسِيّة. أما صُدوع الحركة النّسبيّة الأفقيّة، فتُسمّى الصُّدوعَ الجانبيّةَ. أنظر المخطَّط المفاهيمي الوارد في الشكل (٩).


أفكِّرُ

هل يمكن تمييز الجدار المعلَّق، والجدار القدَم في الصُّدوع الرأسيّة؟ لماذا؟

الشكل (٩): تصنيف الصُّدوع؛ اعتمادًا على مَيل مستوى الصَّدع، والحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع.

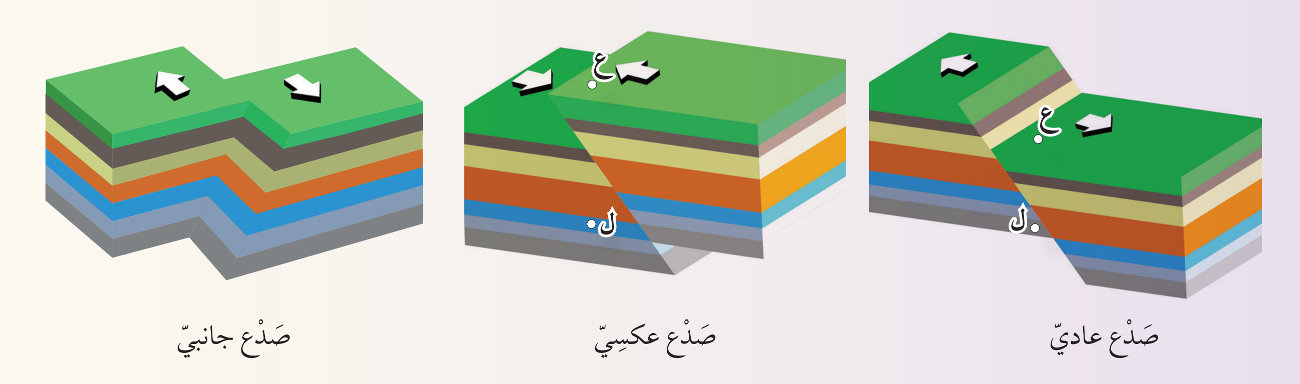


ولِتعرُّف الصُّدوع الناتجة عن الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع، أُنفِّذ النشاط الآتيَ:

نشاطٌ

صُدوع الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصّدع

تتحرّك الكُتلتان الصّخريّتان على جانبَيْ مستوى الصَّدع إمّا حركة نسبيّة رأسيّة، أو حركة نسبيّة أفقيّة، وتختلف أنواع الصُّدوع تبعًا لاختلاف هاتين الحركتين. أدرس الأشكال الآتية التي تمثّل هذه الأنواع المختلفة من الصُّدوع، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

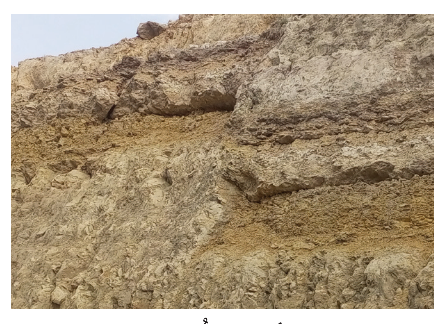


صَدْع عاديّ — صَدْع عكسِيّ — صَدْع جانبيّ

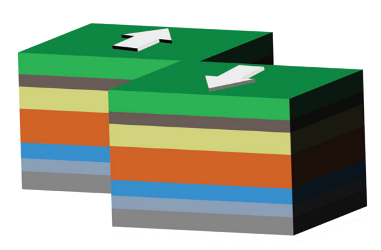
التّحليل والاستِنتاج:

1. أبيِّن نوع الحركة النّسبيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع في كل من: الصَّدع العاديّ، والصَّدع العكسِيّ، والصَّدع الجانبيّ.
2. **أصِف** الصَّدع العاديّ والصَّدع العكسِيّ من حيث مَيل مستوى الصَّدع.
3. أحدِّد مستوى الصَّدع، والجدار المعلَّق، والجدار القدَم لكل من الصَّدع العاديّ، والصَّدع العكسِيّ.
4. **أصِف:** كيف يتحرّك الجدار المعلَّق نسبة إلى الجدار القدَم في كل من الصَّدعين العاديّ والعكسِيّ؟
5. أحدِّد نوع الإجهاد المؤثّر على الصّخور في الأنواع الثلاثة من الصُّدوع.
6. **ألاحِظ:** هل تتكرّر الطبقات التي يقطعها الخطّ الرأسيّ الذي أرسُمه من النقطة (ع) إلى النقطة (ل) في كل من الصَّدعين العاديّ والعكسِيّ؟

يتبيّن من النشاط السابق أن **الصُّدوع العاديّة Normal Faults** و**الصُّدوع العكسيّة Reverse Faults** هي صُدوع ناتجة عن الحركة الرأسيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع، وتُعَدُّ صُدوعًا مائلة؛ لأن مستوى الصَّدع فيها مائل، إذ يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدَم في الصُّدوع العادية، بينما يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم في الصُّدوع العكسيّة أنظر الشكل (10) الذي يبيّن صدعًا عكسيًّا. أما **الصُّدوع الجانبيّة Strike – Slip Faults**، فتنتُج عن الحركة الجانبيّة الأفقيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع، ويكون مستوى الصَّدع فيها رأسيًّا، وأحيانًا قد يكون مائلًا. أنظر الشكل (11). ولِتعرُّف أوجُه المقارَنة بين أنواع الصُّدوع المختلفة أنظر الجدول (1).



الشكل (10): أحد الصُّدوع العكسيّة على طريق عمّان التنموي المعروف بشارع الـ100.



الشكل (11): صَدْع جانبيّ، مستوى الصَّدع فيه رأسيًّا.

أتحقّق: أقارِن بين الصَّدع العاديّ والصَّدع العكسيّ من حيث نوع الإجهاد المسبِّب له.

الجدول (1): مقارَنة بين الصُّدوع العاديّة والصُّدوع العكسيّة والصُّدوع الجانبيّة.

أوجُه المقارَنة	الصَّدع العاديّ	الصَّدع العكسيّ	الصَّدع الجانبيّ
نوع الإجهاد المسبِّب.	إجهاد شد.	إجهاد ضغْط.	إجهاد قصّ.
نوع الحركة النّسبيّة على جانبَيْ مستوى الصَّدع.	رأسيّة.	رأسيّة.	أفقيّة.
مَيل مستوى الصَّدع عن المستوى الأفقيّ.	يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من °90.	يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من °90.	يَميل بزاوية °90 وقد يَميل بزاوية أكبر من صِفر وأقل من °90.
اتّجاه حركة الكُتلتين الصّخريّتين على جانبَيْ مستوى الصَّدع.	يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأسفل نسبة إلى الجدار القدَم.	يتحرّك الجدار المعلّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم.	تتحرّك الكُتلتان الصّخريّتان بشكل أفقيّ نسبة إلى بعضها بعضًا.
تكرار الطبقات فيها مع العُمق.	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.	تتكرّر الطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.	لا يحدث تكرار للطبقات الصّخريّة فيه رأسيًّا مع العُمق.

أنظمة الصُّدوع Faults Systems

عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ؛ نتيجة لحركة الصفائح التكتونيّة، تتشكّل فيها مجموعة من الصُّدوع العاديّة، وتكوّن ما يُسمّى بأنظمة الصُّدوع. وتُعَدُّ الصُّدوعُ الدرجيّةُ، والأحواض الخَسْفيّة، والكُتَل الاندفاعيّة أمثلةً عليها. فكيف يتشكّل كلٌّ منها؟

الصُّدوع الدرجيّة Step Faults

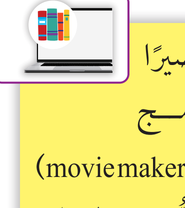
تتشكّل **الصُّدوع الدرجيّة Step Faults** عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث مجموعة من الصُّدوع العاديّة المتوازية، وتأخذ الكُتل الصّخريّة فيها شكلّ الدّرج، أنظر الشكل (12). ويزخَرُ الأردنُّ بمجموعة من الصُّدوع العاديّة المتوازية في مناطقَ عدَّةٍ، من أمثلتها: الصُّدوعُ العاديّةُ المتوازيةُ في وادي الموجِب.

الأحواض الخَسْفيّة Grabens

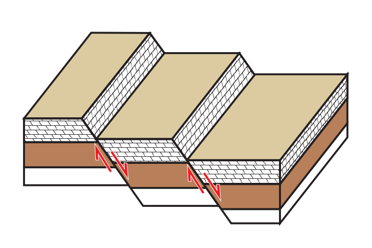
تتشكّل **الأحواض الخَسْفيّة Grabens** عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدعين عاديّين متقابلين، تهبط الكُتل الصّخريّة بينهما للأسفل، أنظر الشكل (13/ أ)، ويُعَدُّ غَورُ الأردنِّ مثالًا على الأحواض الخَسْفِيّةِ.

الكُتل الاندفاعيّة Horsts

تتشكّل **الكُتل الاندفاعيّة Horsts** عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدعين عاديّين متقابلين، تبرز الكُتل الصّخريّة بينهما للأعلى عندما تهبط الكُتل الصّخريّة على جانبيها للأسفل أنظر الشكل (13/ ب).

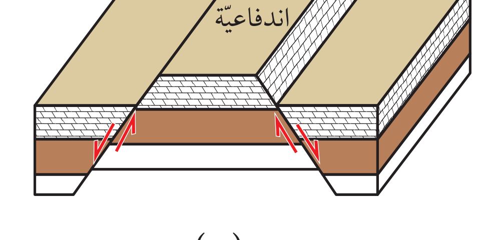


أعمل فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يوضّح أنواع الصُّدوع المختلفة وأحرص على استخدام خاصّية الردّ الصّوتيّ فيه؛ لإضافة الشّروحات المناسبة، ثم أشارِكه معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصف.

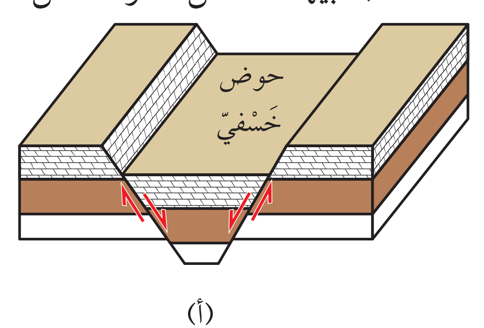


الشكل (12) : الصُّدوع الدرجيّة.

أتحقّق: أصِف الصُّدوع المكوّنة لكل من الصُّدوع الدرجيّة، والكُتل الاندفاعيّة.



(ب)

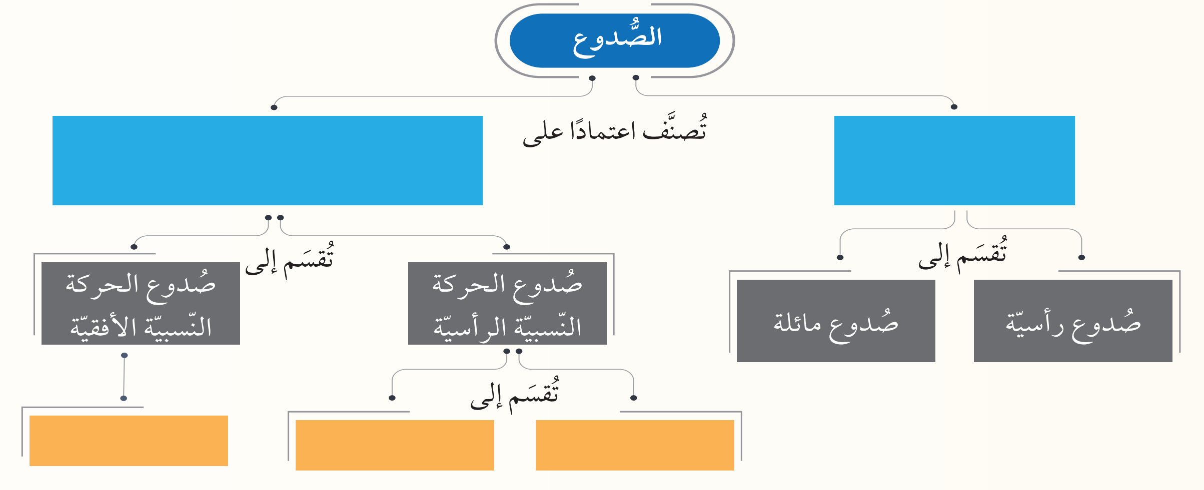


(أ)

الشكل (13):
(أ) : حوض خَسْفيّ.
(ب): كُتلة اندفاعيّة.

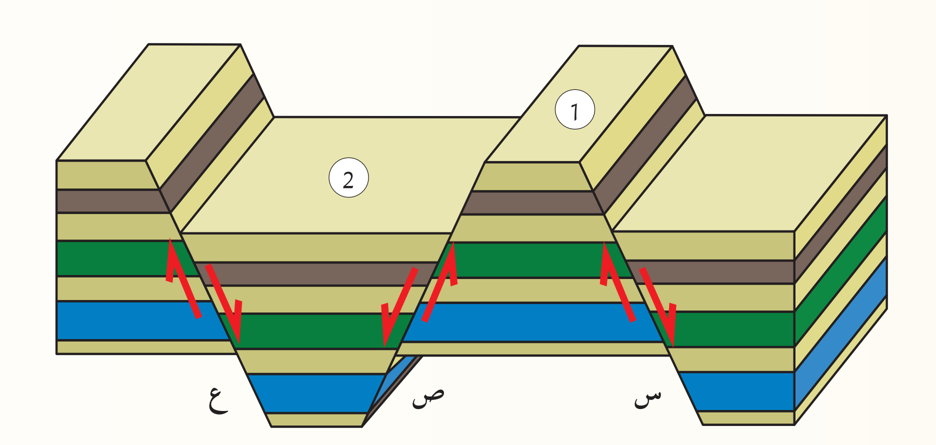
مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أُكمِل المُخطَّط المفاهيميَّ الآتيَ بما يناسبه من كلمات:



2. أوضِّح المقصود بكل من: الصَّدع، والجدار القدَم، والصُّدوع الدرجيّة.

3. أدرُس الشكل الآتيَ الذي يوضّح ثلاثة صُدوع (س، ص، ع) والكُتلتين الصّخريّتين (1، 2)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه.



أ . أحدِّد على الشكل كل من: الجدار المعلَّق، والجدار القدَم، ومستوى الصَّدع، للصَّدع (س).

ب. **أستنتِج** نوع الصُّدوع (س، ص، ع).

ج. **أصِف** العلاقة بين الصَّدعين (ص، ع).

د . أذكُر: ماذا تُسمّى الكُتلتان الصّخريّتان (1، 2)؟



الطيّات

Folds



◀ **الفكرة الرئيسة :**

تنتُج الطيّات عن تعرّض الطبقات الصّخرية لإجهاد الضغط ، فتتقوّس نحو الأعلى، أو نحو الأسفل، وتُصنَّف الطيّاتُ اعتمادًا على أسس عدّة منها: اتجاه التقوّس، وزاوية مَيل المستوى المِحوريّ.

◀ **نتاجات التعلّم :**

- أوضِّح المقصود بالطيّة.
- أميِّز أنواع الطيّات المختلفة.

◀ **المفاهيم والمصطلحات :**

طيّات محدَّبة	Anticlines
طيّات مقعَّرة	Synclines
طيّة متماثلة	Symmetrical Fold
طيّة غير متماثلة	Asymmetrical Fold
الطيّة المقلوبة	Overturned Fold
طيّة مضطَجِعة	Recumbent Fold

مفهوم الطيّة Concept of Fold

تُعرَفُ الطيّاتُ بأنها أحدُ التراكيب الجيولوجيّة التي تنشأ في الصّخور اللّدِنة، أو في الصّخور الهشّة التي تتعرّض لدرجات حرارة مرتفعة عند وجودها على أعماق كبيرة في باطن الأرض. إذ تنثني الطبقات الصّخريّة مثل: الصّخور الرسوبيّة، وبعض الصّخور البُركانيّة، وتتقوّس دون أن تتكسّر، وتَميل باتّجاهين متعاكسين نتيجة تعرّضها غالبًا لإجهاد الضّغط. أنظر الشكل (14). وقد تكون الطيّات صغيرة الحجم يمكن مشاهدتُها في الطبقات الصّخريّة، وتتبّع أجزائها كاملة، وقد تكون ضخمة لا يمكن مشاهدتُها وتتبّع أجزائها كاملة. إذ نرى أجزاءً منها فقط. ولدراسة الطيّات في الصّخور وتتبّعها لا بدّ من معرفة أجزائها.

فما أجزاءُ الطيّةِ، وكيف يصنّفها الجيولوجيّون؟

الشكل (14): طبقات صَخريّة مقوّسة نتيجة تعرّضها لإجهاد ضغط.

أصِف: كيف تتقوّس الطبقات الصّخريّة؟

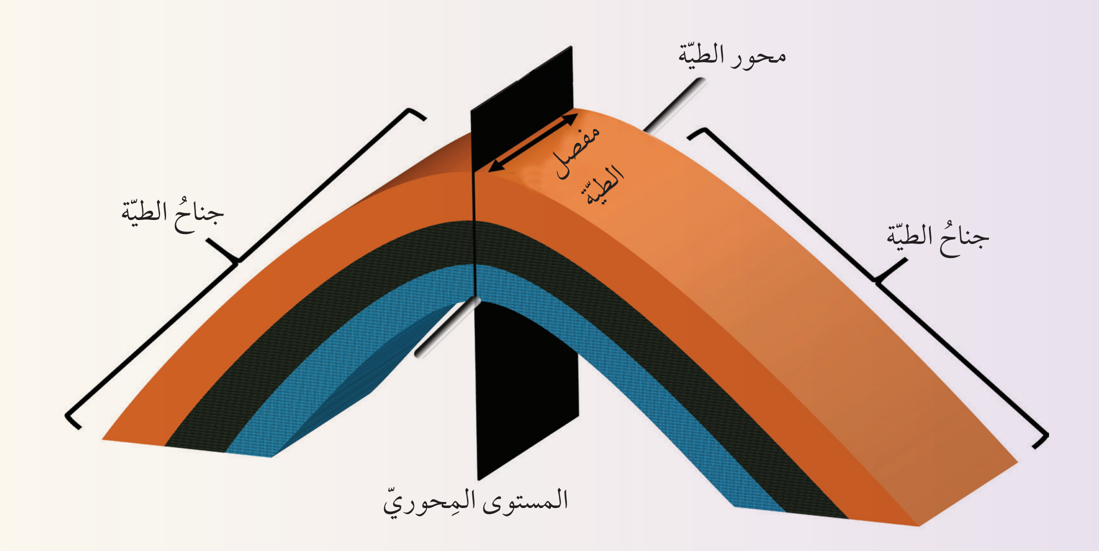


ولتعرُّف أجزاء الطيّة أنفِّذ النشاط الآتي:



أجزاء الطيّة

تختلف الطيّات في أشكالها وأحجامها، ولكن مهما تعدّدت هذه الأشكال والأحجام، فإنها تتشابه في أجزائها. أدرُس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التّحليل والاستِنتاج:

1. أذكُر أجزاء الطيّة المبيّنة في الشكل.
2. أذكُر: كم جناحًا للطيّة؟
3. أذكُر: ماذا يسمّى الخطّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أكبر تكوّر (انحناء) للطيّة؟
4. **أصِف**: كيف يقسم المستوى المِحوريّ الطيّة؟
5. **أصِف** اتّجاه تقوّس الطيّة.
6. **أرسُم** على الشكل سهمًا يبيّن اتّجاه مَيل جناحَيِ الطيّة.
7. **أقترِح** اسمًا للطيّة المبيّنة في الشكل اعتمادًا على اتّجاه تقوّس الطبقات الصّخريّة.

✓ **أتحقّق:** أصِف أجزاء الطيّة.

أجزاء الطيّة Fold Parts

تتكوّن الطيّة من مجموعة من الأجزاء أهمّها:

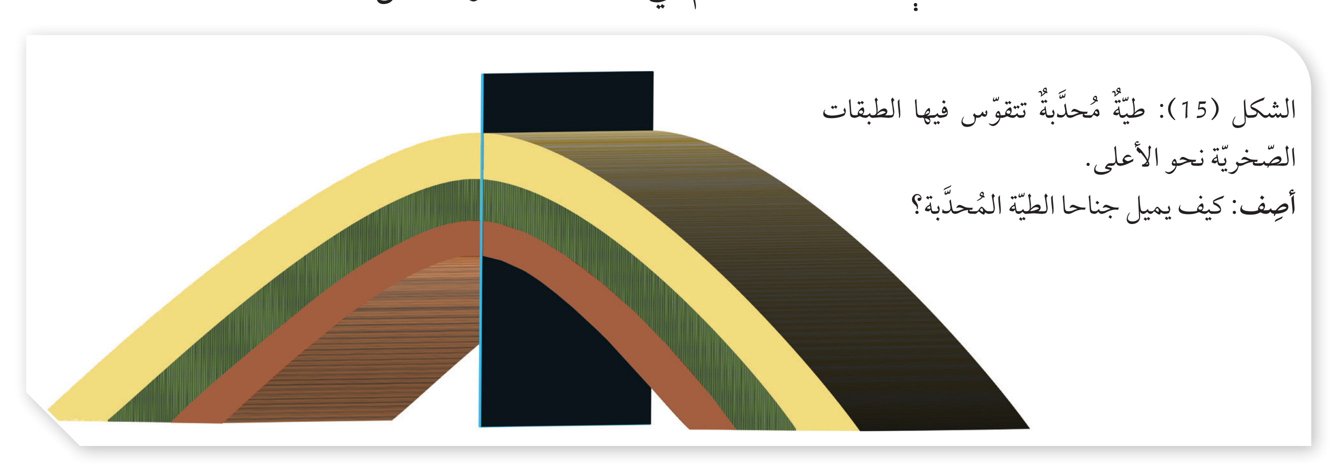
- **جناح الطيّة Fold Limb**: أحد جانبَيِ الطيّة، وللطيّة جناحان اثنان مكوّنان من طبقات مائلة، يلتقيان عند مِحور الطيّة، وغالبًا ما يميل جناحا الطيّة في اتّجاهين مختلفين.
- **مِفصَل الطيّة Fold Hinge**: الخط الوهميّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكوُّرٍ (انحناء) للطيّة.
- **المستوى المِحوريّ Axial Plane**: مستوى وهْمِيٌّ يمرّ في مِحور الطيّة، ويَقسِم الطيّة إلى نصفين، وقد يكون مائلًا أو رأسيًّا أو أفقيًّا.
- **مِحور الطيّة Fold Axis**: يُعَدُّ مِحورُ الطيّة خطًّا من المستوى المِحوريّ، وهو الخط الذي تحدُث عنده عمليّة الطيّ، ويحدِّدُ أقصى تكوُّرٍ لطبقة ما في الطيّة.

تصنيف الطيّات Classification of Folds

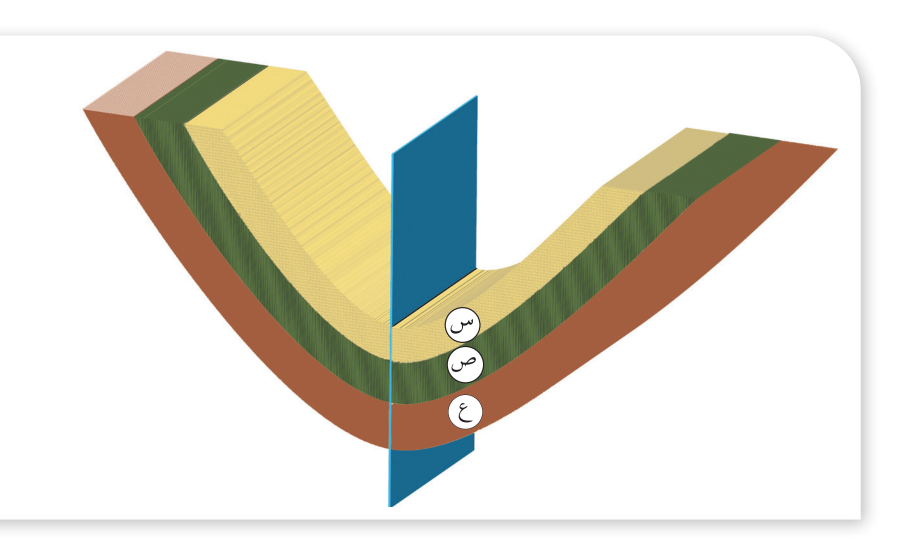
صنّف العلماءُ الطيّاتِ اعتمادًا على مجموعة من الأُسُس، منها: اتّجاهُ تقوُّس الطبقات الصّخريّة، وزاوية ميل المستوى المِحوريّ.

اتّجاه التقوّس Curvature Direction

تُقسَم الطيّاتُ اعتمادًا على اتّجاه تقوُّس الطبقات الصّخريّة فيها إلى نوعين هما: **طيّاتٌ مُحدَّبةٌ Anticlines** تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأعلى، ويميل جناحاها بعيدًا عن المستوى المِحوريّ، وتكون الطبقات الأقدم في وسطها. أنظر الشكل (15).



الشكل (15): طيّةٌ مُحدَّبةٌ تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأعلى.
أصِف: كيف يميل جناحا الطيّة المُحدَّبة؟



الشكل (16): طيّةٌ مُقعَّرَةٌ تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأسفل.
أبيِّن على الشكل ترتيبَ الطبقات الصّخريّة (س، ص، ع) من الأقدم إلى الأحدث.

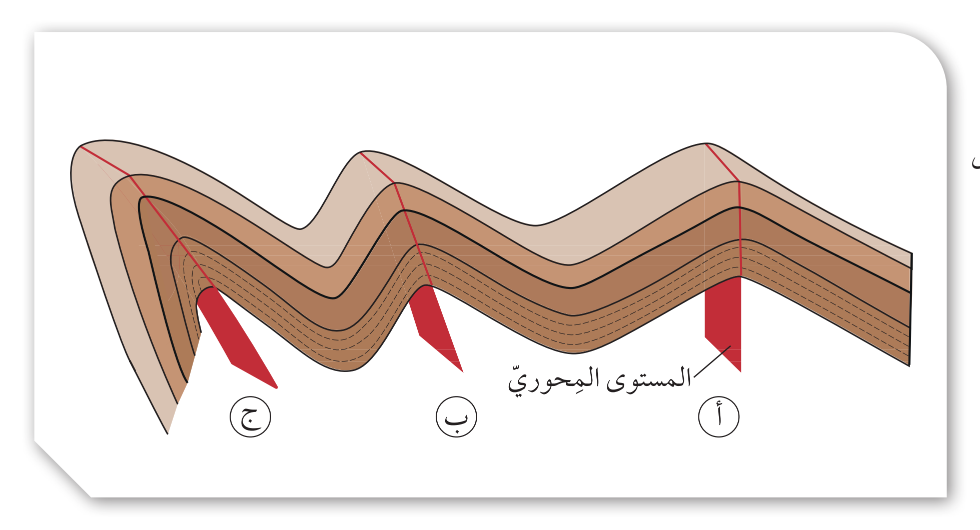
طيّـاتٌ مُقعّـرةٌ Synclines تتقوّس فيها الطبقات الصّخريّة نحو الأسفل، ويميل جناحاها نحو المستوى المِحوريّ، وتكون الطبقات الصّخريّة الأحدثُ في وسطها. أنظر الشكل (16).

زاوية ميل المستوى المِحوريّ Dip Angle of the Axial Plane

تُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانبين؛ سواء أكانت طيّةً مُحدَّبةً، أم طيّةً مُقعَّرةً **طيّةً مُتماثِلَةً Symmetrical Fold** . ويكون فيها المستوى المِحوريّ عموديًّا على سطح الأرض. وتتشكّل مثلُ هذه الطيّات عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغطٍ متساوٍ على كلا الجانبين. أنظر الشكل (17/ أ).

أمّا الطيّةُ التي يميل كل جناح من جناحيها بزاوية مَيل مختلفة عن الأخرى سواءُ أكانت طيّةً مُحدَّبةً، أم طيّةً مُقعَّرةً فتُسمّى **طيّةً غيرَ متماثِلَةٍ Asymmetrical Fold** ويكون فيها المستوى المِحوريّ مائلًا بزاوية أقلَّ من °90 أي غير متعامِدٍ على سطح الأرض. وتتشكّل هذه الطيّةُ عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغطٍ غيرِ متساوٍ على كلا الجانبَين. أنظر الشكل (17/ ب).

أعمل فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانع الأفلام (movie maker) يوضّح أنواعًا مختلفة من الطيّات، وأحرص على استخدام خاصّية الردّ الصوتيّ فيه لإضافة الشروحات المناسبة عليها، ثمّ أشارِكُه معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.



الشكل (17):
تصنيف الطيّات اعتمادًا على زاوية مَيل المستوى المِحوريّ.
(أ): طيّةٌ متماثِلَةٌ.
(ب): طيّةٌ غيرُ متماثِلَةٍ.
(ج): طيّةٌ مقلوبةٌ.

أمّا **الطيّةُ المقلوبةُ Overturned Fold** فهي الطيّة التي يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه، حيث تزيد زاوية مَيل أحدِ جناحيها عن 90°. وفي هذه الحالة يكون المستوى المِحوريُّ مائلًا عن المستوى العمودي بدرجة كبيرة، وتكون الطبقات المكوِّنةُ لأحد الجناحين مقلوبةً. أنظر الشكل (17/ ج).

وتُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه بشكل أفقيٍّ تقريبًا **طيّةً مُضطَجِعةً Recumbent Fold** ويكون المستوى المِحوريّ لهذه الطيّة أفقيًّا. أنظر الشكل (18).

✓ **أتحقّق:** أوضِّح المقصود بالطيّة المقلوبة.

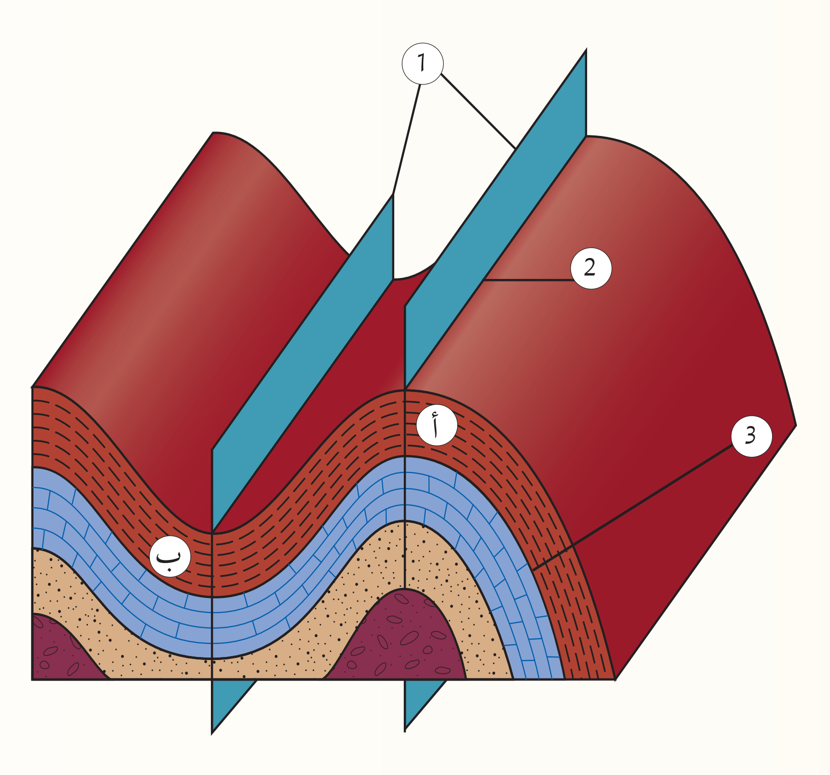
الشكل (18): طيّةٌ مُضطَجِعةٌ.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة: أصنّف** الطيّات اعتمادًا على اتجاه التقوّس، وزاوية مَيل المستوى المحِوريّ.

2. أوضِّح المقصود بكل من الطيّة، وجناح الطيّة، ومِحوَر الطيّة.

3. أدرُس الشكلَ الآتيَ جيّدًا، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أحدِّد على الرّسم الأجزاء المشارَ إليها بالأرقام (1، 2، 3).

ب. **أصنّف** الطيّتَين (أ، ب) اعتمادًا على اتّجاه التقوّس.

ج. **أستنتِج**: أين تقع الطبقاتُ الأقدم والأحدث في كل من الطيّتَين (أ، ب)؟

د . **أصِف**: كيف يميل جناحا الطيّة (ب) نسبة إلى المستوى المِحوريّ.

هـ. أحدِّد نوع الإجهاد الذي سبّب تشكُّل كل من الطيّتَين (أ، ب).

و. **أتوقَّع** نوع الصَّدع المتكوِّن في صُخور القشرة الأرضيّة إذا رافق عمليّةَ طَيّ الصّخور صَدْعٌ.

الإثراء والتوسّع

الجيولوجيا الهندسيّة
Engineering Geology

تُعرَفُ الجيولوجيا الهندسيّةُ بأنها تطبيق عمليّ لعِلم الجيولوجيا في مجال الهندسة. وفيها يتمّ أخْذُ العوامل الجيولوجيّة بعين الأهميّة والتركيز عليها في الأعمال الهندسيّة المختلفة، إذ تؤثّر هذه العوامل في اختيار الموقع، وعمليّة تصميم البناء، ومرحلة البناء، وكيفيّة تشغيل المنشأ بعد بنائه.

تؤثّر التراكيب الجيولوجيّة في المشاريع الهندسيّة المشيّدة فوقها، وتتحكم بشكل رئيس في عمليّة اختيار مواقع السّدود، والمستودَعات، والمطارات، والأنفاق وغيرها من المشاريع الهندسيّة الكبيرة. إذ إن وجود الطيّات والصُّدوع في الطبقات الصّخريّة غيرُ مرغوبٍ من الناحية الهندسيّة؛ لأنه يضعِفُ قابليّة التحمّل للطبقات الصّخريّة خصوصًا عند إقامة المشاريع الكبيرة مثل السّدود التي تسلّط أحمالًا كبيرة على الأساسات تحتها، ثم في النهاية، فإنها تعمل على تفتيت الصّخور؛ وبذلك تؤثّر في المنشآت المُقامَةِ فوقَها .

الكتابة في الجيولوجيا

أكتب فقرة حول أهمية التراكيب الجيولوجيّة في المشاريع الهندسيّة، ثمّ أشارِكُ ما أكتبهُ مع معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.



السّؤال الأول:

أضَع دائرة حول رمز الإجابة الصّحيحة في ما يأتي:

1. تُسمّى الانثناءاتُ الناتجة عن تعرُّض الطبقات الصّخريّة لإجهاد الضغط :

أ) الصُّدوع العاديّة.

ب) الطيّات.

ج) الكُتل الاندفاعيّة.

د) الأحواض الخَسْفيّة.

2. الصُّدوع الناتجة عن حركة الجدار المعلَّق إلى الأعلى نسبة إلى الجدار القدَم؛ هي صُدوعٌ:

أ) عاديّة. ب) عكسيّة.

ج) درَجيّة. د) خَسْفيّة.

3. تُسمّى الطيّةُ التي يكون فيها المستوى المِحوريُّ أفقيًّا:

أ) المقلوبة.

ب) المُضطَجِعة.

ج) المُتماثِلة.

د) غيرَ المُتماثِلة.

4. أحَدُ التراكيب الجيولوجيّة الآتية ينتُج بفعل إجهادات الشّد:

أ) الطيّة المُحدَّبة. ب) الطيّة المُقعَّرة.

ج) الصّدع العاديّ. د) الصّدع العكسِيّ.

5. تُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانِبَين، سواءً أكانت طيّةً مُحدَّبةً أم طيّةً مُقعَّرَةً، طيةً:

أ) مُتماثلةً. ب) غيرَ مُتماثِلةٍ.

ج) مقلوبةً. د) مُضطَجِعةً.

6. التّركيب الجيولوجيّ الذي يمثّله الشكل الآتي هو:



أ) صَدْعٌ عادِيّ. ب) صَدْعٌ عكسِيٌّ.

ج) طيّةٌ مُحدَّبة. د) طيّةٌ مُقعَّرةٌ.

السّؤال الثاني:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ من المُصطَلَحاتِ:

1. تُسمّى الطيّةُ التي يميل جناحاها بزاوية مَيل غيرِ متساوية على كلا الجانِبَين سواءٌ أكانت طيّةً مُحدَّبةً أم طيّةً مُقعَّرَةً ....

2. الخطّ الذي يصل بين النقاط التي تقع على أقصى تكوّر (انحناء) للطيّة هو ....

3. تتكوّن الطيّة من مجموعة من الأجزاء منها:

.........................، ....،

....

4. تُسمّى الكتلةُ الصّخريّة التي تقع أسفلَ مستوى الصَّدع ....

5. أحَدُ أنواع الصُّدوع الذي تتحرّك فيه الكُتلتان الصّخريّتان بشكل أفقيّ نسبة إلى بعضها بعضًا......................

6. يعتمد تشوُّهُ الصّخورعلى مجموعة من العوامل منها ....، ....

السّؤال الثالث :

أصِف: كيف يؤثّر إجهادُ الشّد في الصّخور اللّدِنة؟

السّؤال الرابع:

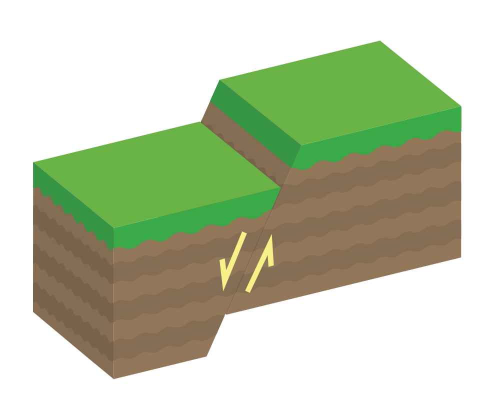
أناقِش: كيف تتكوّن الكُتل الاندفاعيّة؟

السّؤال الخامس:

أقارِن بين إجهادَي الضّغط والشّد من حيث اتّجاه القوّة المؤثّرة على الصّخر.

السّؤال السّادس:

أدرُس الشكل الآتيَ الذي يبيّن أحدَ أنواع الصُّدوع، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



أ) أحدِّد على الشكل أجزاء الصَّدع.

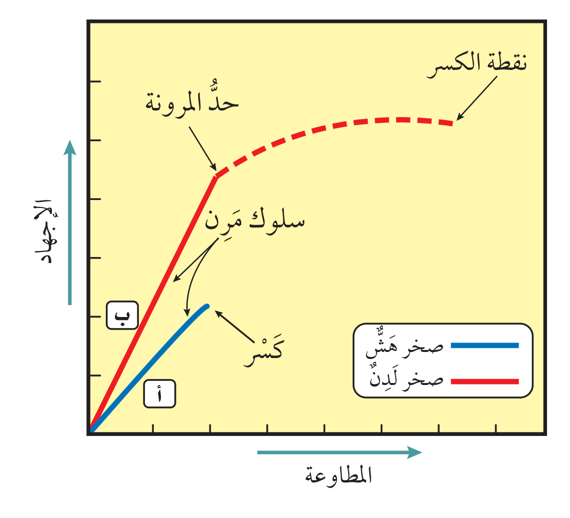
ب) أبيِّن نوع الإجهاد الذي أدّى إلى تكوُّن الصَّدع.

ج) **أستنتِج** نوع الصَّدع.

د) **أتوقَّع:** هل يؤدي هذا النّوع من الصُّدوع إلى تكرار بعض الطبقات الصّخريّة؟

السّؤال السابع:

أدرُس الشكلَ الآتيَ الذي يبيّن العلاقة بين الإجهاد والمطاوَعة لصُخورٍ هشَّةٍ، وأخرى لَدِنةٍ.



أ) **أصِف** العلاقة بين الإجهاد والمُطاوَعة.

ب) أوضِّح المقصود بحَدِّ المرونة.

ج) أوضِّح سلوك الصّخر (أ) والصّخر (ب).

د) أذكر مثالًا على نوع كل من الصّخر (أ)، والصّخر (ب).

السّؤال الثامن :

أقارِن بين موقع الجدار القدَم، والجدار المعلَّق في كل من الصّدعين العاديّ والعَكسِيّ.

السّؤال التاسع:

أتوقَّع: هل يمكن أن تتشكّل الطيّات في الصّخور الهشّة؟ لماذا؟

السّؤال العاشر:

أبيِّن: متى توصَفُ الطيّاتُ بأنها متماثِلَة، ومتى توصَفُ بأنها غيرُ متماثِلَة؟

الوحدة

3

الصّفائح التكتونيّة

Plate Tectonics

جبال طوروس جنوب تركيا

أتأمّل الصّورة

تتحرّك الصّفيحة العربيّة نحو الشمال، والشمال الشرقي وتصطدم بالصّفيحة الأوراسيّة، وينشأ عن حركة الصّفيحة العربيّة وباقي الصّفائح العديد من المظاهر الجيولوجيّة، فما المظاهرُ الجيولوجيّة التي تنتُج عن حركة الصّفائح الأرضيّة؟

الفكرة العامّة:

تتشكّل العديد من المظاهر الجيولوجيّة ومنها: السّلاسلُ الجبليّة، والجبالُ البُركانيّة، وظهورُ المُحيطات، بفعل حركات الصّفائح الأرضيّة المختلفة.

الدرس الأول: انجراف القارّات

الفكرة الرئيسة: كانت جميع القارّات الحاليّة تشكّل قارّة واحدة تُسمّى بانغيا، ثم انقسمت وأخذت بالتباعُد حتى وصلت إلى شكلها الحالي.

الدرس الثاني: توسُّع قاع المُحيط

الفكرة الرئيسة: تتوسّع قيعان المُحيطات بشكل مستمرّ عند ظَهْر المُحيط ما يؤدي ذلك إلى بناء قشرة محيطيّة جديدة فيها.

الدرس الثالث: حدود الصّفائح

الفكرة الرئيسة: تتكوّن المظاهر الجيولوجيّة ومنها السّلاسلُ الجبليّة، والأخاديد البحريّة عند حدود الصّفائح. وتُعَدُّ تياراتُ الحمل في السّتار المسؤولة الرئيسة عن حركة الصّفائح الأرضيّة.

تجربة استهلاليّة

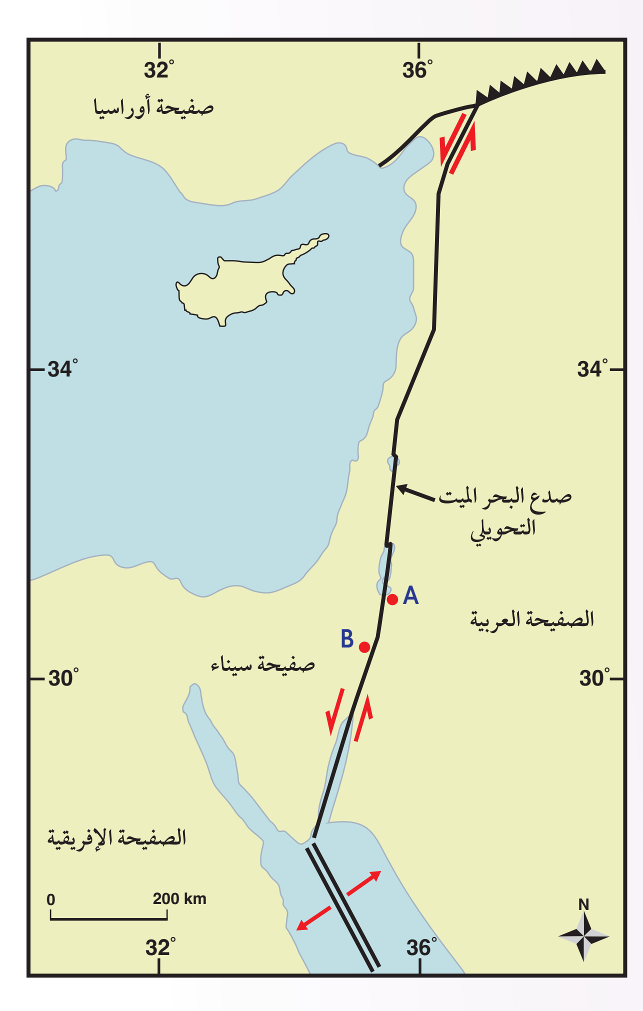
صَدْع البحر الميّت التحويليّ

يفصِل صَدْعُ البحر الميّت التحويليّ بين الصّفيحة العربيّة في الشرق، وصفيحة سيناء في الغرب، ويبلغ طوله 1000 km تقريبًا ، حيث يمتد من بداية خليج العقبة الجنوبي، وحتى جنوب تركيا. وتمثّل النقطتان (A وB) على الخريطة صُخورًا لها العمر نفسه، وكذلك التركيب الكيميائيّ والمعدِنيّ نفسه، وتقعان على جانبَيْ صَدْع البحر الميّت التحويليّ. وقد قُدِّرت سرعة الحركة الأفقية لصَدْع البحر الميّت التحويليّ بـ 0.47 ± 0.07 cm/y .

الموادّ والأدوات: مِسْطرة، أوراق حجم A4، خريطة جيولوجيّة.

خطوات العملِ:

1. أقيس المسافة بين النّقطتين (A وB)؛ مستخدمًا المِسْطرة.
2. أحدِّد المسافة الفعليّة بين النّقطتين؛ مستخدمًا مقياس رسم الخريطة.



التّحليل والاستِنتاج:

1. **أحسُب** المسافة بين النّقطتين (A وB) بعد 20 m.y إذا علمت أن مُعدَّل الحركة على جانِبَيْ صَدْع البحر الميّت التحويليّ تساوي 0.5 cm/y تقريبًا.
2. **أحسُب** المدّة الزمنية اللازمة؛ لتصبِح المسافةُ بين النّقطتين (A وB) 300 km .
3. **أتوقّع:** ما القُوى التي تسبّب الحركة على جانِبَيْ صَدْع البحر الميّت التحويليّ؟

الدرس 1

انجراف القارّات

Continental Drift

الفكرة الرئيسة:

كانت جميع القارّات الحاليّة تشكّل قارّة واحدة تُسمّى بانغيا، ثم انقسمت وأخذت بالتباعُد حتى وصلت إلى شكلها الحالي.

نتاجات التعلّم:

- أشرَح السياق التاريخيّ لفرَضيّة انجراف القارّات للعالِم ألفرد فغنر مع أدلّتها.
- أنقُض فرَضيّة انجراف القارّات بالأدلّة.

المفاهيم والمصطلحات:

فرَضيّة انجراف القارّات Continental Drift Hypothesis

بانغيا Pangaea

فرَضيّة انجراف القارّات Continental Drift Hypothesis

إذا نظرتُ إلى خريطة العالم، أُلاحِظ أن حوافّ بعض القارّات يمكن أن تتطابق معًا، مثلَ لعبةِ تركيب القِطع (Jigsaw Puzzle). وقد لاحظ أيضًا رسّامو الخرائط الجغرافيّة منذ أكثرَ من 400 عام، أن هناك تطابُقًا بين حوافّ القارّات على جانبَيِ المُحيط الأطلسيّ.

بانغيا Pangaea

لاحظ عالِم الأرصاد الألمانيّ (ألفرد فغنر) التطابُق الكبير بين حوافّ القارّات، حيث اعتقد أن هذا التطابُق لا يمكن أن يكون مجرّدَ صُدْفة، فاقترح في عام 1912م فرَضيّة أسماها **فرَضيّة انجراف القارّات** **Continental Drift Hypothesis** التي تنصّ على أن " جميع القارّات الحاليّة كانت تشكّل في الماضي قارّة واحدة سمّاها **بانغيا Pangaea**، وتَعني كلَّ اليابسةِ يحيط بها مُحيط يسمّى بانثالاسا، ويعني كلَّ المحيط. وقد بدأت قارّة بانغيا منذ 200 m.y تقريبًا بالانقسام إلى قارّات أصغرَ، ثم أخذت القارّات بالانجراف ببُطء حتى وصلت إلى مواقعها الحاليّة". أنظر الشكل (1).

الشكلُ (1): كانت القارّات قبل 200 m.y تقريبًا تشكّل قارّة واحدة تُسمّى بانغيا.



القارّات قبل 200 m.y تقريبًا



القارّات في وضعها الحالي

التّجربة 1

قارّة بانغيا

افترَض فغنر اعتمادًا على تطابُق حوافّ القارّات أن القارّات قبل 200 m.y كانت قارّة واحدة سمّاها بانغيا. ولتمثيل ما توصل إليه فغنر، أطابِقُ حوافّ القارّات كما تتوزّع في الوقت الحالي، وأُشكِّل قارّة بانغيا.

الموادّ والأدوات: خريطة العالم، صورة تمثِّل قارّة بانغيا، مِقَصّ، قطعة كرتون، لاصق.

إرشادات السّلامة:

- الحذَرُ عندَ استخدام المِقَصّ.



قارّة بانغيا

خُطوات العمل:

1. أُحضِر خريطة العالم، ثم أقُصُّ القارّات من حوافّها، حيث أَفصِل القارّات بعضَها عن بعض.
2. أُشكِّل قارّة بانغيا بوساطة لصْق صوَر القارّات على قطعة الكرتون بدقّة؛ مستعينًا بالشكل المُرفَق الذي يمثّل قارّة بانغيا.
3. أكتُب أسماء القارّات كما هي معروفة الآن.

التّحليل والاستِنتاج :

1. **ألاحِظ:** أيُّ القارّات تطابقت بشكل كبير، وأيُّها تطابقت بشكل أقل؟
2. **أفسِّر** سبب عدم وجود تطابُق تامّ بين القارّات.
3. **أقارِن** بين موقع قارّة أمريكا الشماليّة الآن، وموقِعها في قارّة بانغيا.
4. **أستنتِج:** هل كان المُحيط الأطلسيّ متشكّلًا قبل 200 m.y ؟ لماذا؟

أدلّة على فرَضيّة انجراف القارّات

Evidences for Continental Drift Hypothesis

واجَه فغنر معارَضةً كبيرة من العلماء منذ طرَح فرَضيّة انجراف القارّات أمامهم؛ لذلك، قدّم مجموعة متنوّعة من الأدلّة لدعم فرَضيّته، منها: تطابُق حواف القارّات، وتشابُه الأحافير، وتشابُه أنواع الصّخور والتراكيب الجيولوجيّة، والمناخات القديمة.

تطابُق حوافّ القارّات Fit of the Continents Edges

يُعَدُّ تطابُقُ حوافّ القارّات الدليلَ الأوّلَ الذي اعتمد عليه العالِم الألمانيّ فغنر لدعم صحة فرَضيّته. حيث لاحظ التطابُق بين حوافّ القارّات على جانِبَي المُحيط الأطلسيّ. فقد طابَق بين الحافّة الشرقيّة لقارّة أمريكا الجنوبيّة مع الحافّة الغربيّة لقارّة إفريقيا، فوجدها تتطابق بشكل تقريبيّ. أنظر الشكل (1). وهناك بعض القارّات يكون التطابُق بين حوافّها أقلَّ، مثل قارّتي أوروبا، وأمريكا الشماليّة، وسبّب ذلك عمليّاتِ الحتِّ والتّعرية التي تعرّضت لها حوافّ القارّات.

تشابُه الأحافير Matching Fossils

جمَع فغنر العديدَ من الأحافير التي تُمثِّل حيواناتٍ ونباتاتٍ عاشت على اليابسة قبل 200 m.y لدعم صحة فرَضيّة انجراف القارّات. ومن هذه الأحافير أحفورةُ الميزوسورس Mesosaurus، وهو نوع من الزواحف. أنظر الشكل (2). وقد عثَر على بقايا أحفورة الميزوسورس في كلٍّ من جنوب شرق أمريكا الجنوبية، وجنوب غرب إفريقيا. ويعتقد العلماءُ أن الميزوسورس كان يعيش في بحيرات المياه العذبة، والخُلجان الضَّحلة، فهو بذلك لا يستطيع الانتقال بين القارّتين، والسِّباحة عبرَ مياه المُحيط الأطلسيّ المالِحة.

أُفكّرُ

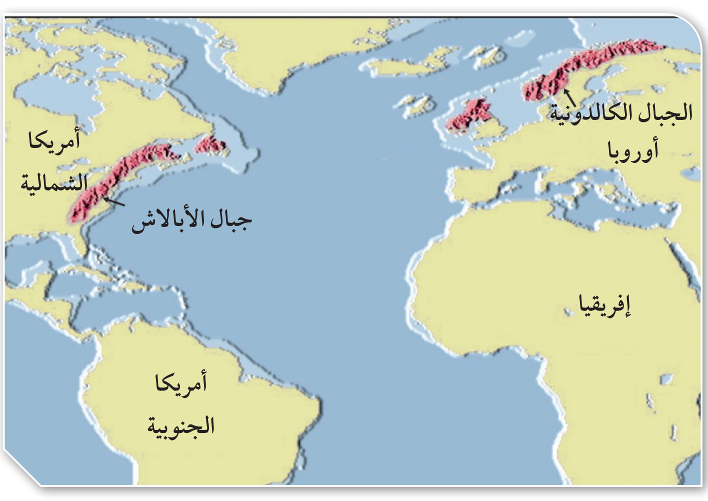
لماذا لا يوجد تشابُهٌ أحفوريٌّ بين القارّات عند العمر 70 m.y؟



الشكل (2): أحفورة الميزوسورس أحَدُ أدلّة فغنر على صِحّة فرَضيّة انجراف القارّات.



(ب)



(أ)

الشكل (3):
تتشابَه أنواع الصّخور والتراكيب الجيولوجيّة في بعض السّلاسل الجبليّة.
(أ): تتشابَه أنواع صُخور جبال الأبالاش مع أنواع صُخور الجبال الكالدونيّة.
(ب): عندما تتم مطابقة حوافّ القارّات تتصل السّلاسل الجبليّة مكوِّنةً سلسلة واحدة.

تشابُه أنواعِ الصّخور والتراكيب الجيولوجيّة
Rock Types and Structural Similarities

افترَض فغنر بحسب فرَضيّة انجراف القارّات، وجودَ تشابُهٍ بأنواع الصّخور المكوِّنة للسّلاسل الجبليّة وامتدادها في القارّات المنفصلة عن بعضها بعضًا. فقد وجَد أن صُخور جبال الأبالاش في قارّة أمريكا الشماليّة التي يزيد عمرها عن 200 m.y تتشابه في أنواعها وأعمارها وتراكيبها الجيولوجيّة مع الصّخور المكوّنة للجبال الكالدونيّة في قارّة أوروبا، أنظر الشكل (3/ أ). وعند مطابقة حوافّ القارّات معًا فإن السّلسلتين الجبليّتين تشكّلان سلسلة واحدة مستمرّة تقريبًا، أنظر الشكل (3/ ب)، وهذا يدعم فرَضيّته التي تتمثّل في أن القارّات قبل 200 m.y كانت تشكّل قارّة واحدة تسمّى بانغيا.

المناخات القديمة Ancient Climates

دعَمَ فغنر صحّة فرَضيّته عن طريق دراسة الصّخور والأحافير لتحديد التغيّرات المناخيّة التي سادَت على سطح الأرض وقتَ تشكُّل قارّة بانغيا. فقد وجد رسوبيّات جليديّة عُمرها يتراوح ما بين m.y (220-300) في كلّ من جنوب إفريقيا، وجنوب شرق أمريكا الجنوبيّة، والهند وأستراليا التي تقع حاليًّا بين دائرة عَرض °30، ودائرة الاستواء التي يسود فيها الآن مناخٌ شِبْهُ استوائيّ أو استوائيّ.



الشكل (4): يدلّ وجود رسوبيّات جليديّة في المناطق التي تقع الآن على دائرة الاستواء، أو بالقُرب منها، على أنها كانت تقع سابقًا بالقرب من القطب الجنوبي.

أفكّرُ

يوجَدُ الفحمُ الحجريّ في كل من قارّتَيْ أوروبا وأمريكا الشماليّة اللّتَينِ يسود فيهما مناخات باردة، فكيف أفسِّر وجود الفحم الحجريّ الذي يتكوّن في المناخ الاستوائيّ فيهما؟

حيث من الصّعب أن تتشكّل فيها الرسوبيّات الجليديّة. وقد فسّر فغنر ذلك بأن تلك القارات كانت بالقرب من القطب الجنوبي. أنظر الشكل (4)؛ لذلك، كانت الظروف ملائمة لتشكُّل الرسوبيّات الجليديّة فيها.

✓ **أتحقّق:** **أفسِّر:** كيف يدعم وجود تشابُه أنواع الصّخور عند حوافّ القارّات صحّة فرّضيّة فغنر؟

رفض فرَضيّة انجراف القارّات

Rejection of Continental Drift Hypothesis

واجه فغنر العديد من الانتقادات على فرَضيّته، على الرغم من دعمها بالعديد من الأدلّة. وقد تركزت انتقادات الكثير من العلماء في عصره على نقطتين أساسيّتين، هما: سبب حركة القارّات وانجرافها، وآليّة حركتها.



أعمل فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker) يوضّح مفهوم قارّة بانغيا، والأدلّة التي تدعمها، وأحرِصُ على أنْ يشملَ الفيلم صوَرًا توضيحيّة، ثم أشاركُه معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أسباب انجراف القارّات Causes of the Continental Drift

اقترح فغنر أن سبب حركة القارّات وانجرافها يعود إلى قوّة الطّرد المركزيّ الناتجة عن دوران الأرض حول نفسها، أو إلى قوّة جذْب القمر للأرض. ولكن العلماء رفضوا هذا التفسير؛ لأن كلتا القوّتين أقلُّ من القُوى التي يمكن أن تحرّك القارّات.

✓ **أتحقّق:** أوضّح: ما القُوى المسبّبة لتحرّك القارّات بحسب افتراضات فغنر؟

آلية انجراف القارّات Mechanism of Continental Drift

اقترح فغنر أيضًا أن القارّات تتكوّن من موادَّ قليلة الكثافة تتحرّك فوق قاع المحيط الذي يتكوّن من موادَّ ذاتِ كثافة عالية، فرفض العلماء اقتراح فغنر في أنه كيف يمكن للقارات أن تتحرّك فوق قاع المحيط الصُلب ذي التضاريس بسهولة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أذكُر نصّ فرَضيّة انجراف القارّات.
2. **أفسِّر:** كيف استخدم فغنر دليل تشابُه الأحافير في إثبات صِحّة فرَضيّته؟
3. **أستنتِج:** كيف كان مناخ جنوب قارّة إفريقيا قبل 200 m.y؟
4. **أقوِّم** صِحّة العبارة الآتية: (موقع الأردنّ الجغرافي ثابت لم يتغيّر على مَرّ السنين).
5. أوضِّح: لماذا تُعَدُّ جبالُ الأبالاش والجبال الكالدونيّة دليلًا على صِحّة فرَضيّة انجراف القارّات؟

الدرس 2

توسُّع قاع المحيط

Seafloor Spreading

◀ **الفكرة الرئيسة:**

تتوسّع قيعان المُحيطات بشكل مستمرّ عند ظَهْر المحيط ما يؤدي إلى بناء قشرة محيطيّة جديدة فيها.

◀ **نتاجات التعلّم:**

– أناقِش فرَضيّة توسُّع قاع المحيط بديلًا عن فرَضيّة انجراف القارّات.

– أحدِّد الأدلّة الداعمة لفرضيّة توسُّع قاع المحيط.

– أربِط توسُّع قاع المحيط بنشوء قشرة محيطيّة جديدة عند ظهور المُحيطات، واستهلاك قشرة محيطيّة قديمة عند أطرافها.

– أناقِش سبب ثبات حجم الأرض وكتلتها على الرغم من توسُّع قيعان المُحيطات.

◀ **المفاهيم والمصطلحات:**

ظَهْر المحيط Ocean Ridge

الأخاديد البحريّة Trenches

فرَضيّة توسّعُ قاع المحيط Seafloor Spreading Hypothesis

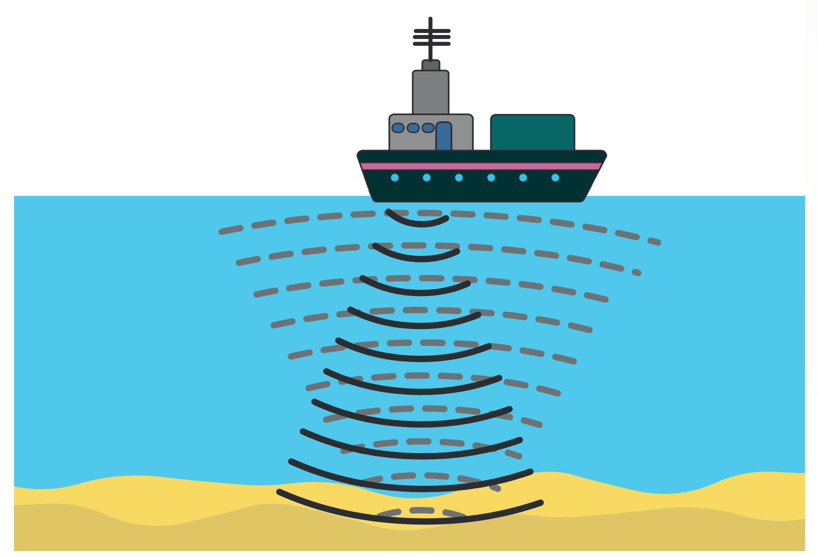
المغناطيسيّة القديمة Paleomagnetism

الانقلاب المغناطيسيّ Magnetic Reversal

استِكشاف قاع المحيط Exploring the Ocean Floor

في الخمسينيّات من القرن الماضي أَرسَلت العديد من الدّول بعثاتٍ استكشافيّةً لدراسة تضاريس قيعان المُحيطات، استخدموا فيها تقنية السَّبر الصّوتي بوساطة أجهزة السونار (Sonar) التي تمّ عن طريقها قياس عُمق المحيط، ثم تبِعَها رسْمُ خريطة لتضاريسِ قاع المحيط. أنظر الشكل (5). وقد اكتشف العلماء وجود سلسلة جبليّة ضخمة يتصل بعضها ببعض تمتد في جميع المُحيطات تُسمّى **ظَهْرَ المحيط Ocean Ridge**. يوجد في وسطها وادٍ عميق ضيّق يُسَمّى الواديَ المتصدِّعَ Rift Valley.

اكتشف العلماء أيضًا وجود وِدْيانٍ عميقة ضيّقة تمتد طوليًّا في قيعان المُحيطات تُسمّى **الأخاديدَ البحريّةَ Trenches**، ومن أمثلتها أخدودُ ماريانا في المحيط الهادي الذي يُعَدُّ أعمقَ الأخاديد، حيث يبلغ عمقُه أكثرَ من (11 km). وقد قاد اكتشافُ ظَهْر المحيط والأخاديد البحريّة العلماءَ إلى التفكير في كيفيّة تشكّلهما وما القُوى التي أدّت إلى ذلك.



الشكلُ (5): استخدم العلماء أجهزة السونار لقياس أعماق المُحيطات.

فَرَضيّة توسُّع قاع المحيط Seafloor Spreading Hypothesis

وضع العالِم هاري هس (Harry Hess) في بداية الستينيّات من القرن الماضي بناءً على بيانات تضاريس قيعان المُحيطات ومكوّناته **فَرَضيّة توسُّع قاع المحيط Seafloor Spreading Hypothesis** التي تنصّ على الآتي: "تُبنى القشرةُ المحيطيّة الجديدة عند ظهور المُحيطات، وتُستهلَك القشرة المحيطيّة الأقدم عند الأخاديد البحريّة". وتحدث عملية توسُّع قاع المحيط بحسب هس كالآتي: تندفع الماغما الأقلُّ كثافةً من منطقة السّتار إلى الأعلى عَبْرَ وسطَ ظَهْر المحيط، وعند وصولها إلى السطح عَبْرَ القشرة الأرضيّة تتصلّب مكوِّنةً قشرة محيطيّة جديدة على طول ظَهْر المحيط، ثم تتحرّك هذه القشرة بعيدًا عن منطقة ظَهْر المحيط ما يؤدي إلى اندفاع ماغما جديدة في منطقة وسَطِ ظَهْر المحيط وتصلّبها؛ مكوِّنةً قشرة محيطيّة جديدة أخرى. وباستمرار هذه العملية يحدُث توسُّعٌ لِقاع المحيط بشكل دائم ومتماثل على جانِبَيْ ظَهْر المحيط. وفي المقابل تنزلق الحافّة البعيدة من القشرة المحيطيّة عن منطقة ظَهْر المحيط أسفلَ القشرة القارّية مشكِّلةً أخدودًا بحريًّا. ويؤدي انزلاق القشرة المحيطيّة إلى ارتفاع درجة حرارتها وانصهارها، وإنتاج ماغما ترتفع وتتصلّب، وتصبح جزءًا من القشرة القارّية. أنظر الشكل (6).

وترجع أهمية هذه الفَرَضيّة إلى أنها فسّرت طريقة حركة القارّات التي لم تتمكّن فَرَضيّة انجراف القارّات من تفسيرها؛ فبدَلًا من افتراض أنّ القارّات تتحرّك فوق قاع المحيط افترضت أن المُحيطات تتوسّع في منطقة وسط ظَهْر المحيط. ونتيجة لذلك، تتحرّك القارّات مبتَعِدَةً بعضُها عن بعض.

الرّبط بالتكنولوجيا

يستعمل جهازُ السّونار (Sonar) الموجات الصّوتية لتحديد أعماق المُحيطات، حيث يتم قياس الزمن الذي تستغرقه الموجات التي يتم إرسالها نحو قاع المحيط حتى ارتدادها عن القاع واستقبالها في السفينة. ومن تحديد الزمن وسرعة الموجات الصّوتية في الماء يستطيع العلماء تحديدَ أعماق المُحيطات.

✓ **أتحقّق:** أحدِّد: أين تتكوّن الصّخور الجديدة في قيعان المُحيطات، وأين تُستهلك؟

الشكل (6): يتوسّع قاع المحيط بشكل دائم نتيجة خروج الماغما وتصلُّبِها في منطقة وسط ظَهْر المحيط.

أقارِن بين الصّخور المتشكّلة على جانِبَيْ وسط ظَهْر المحيط من حيث العُمْر.

أدلّة على توسُّع قاع المحيط

Evidences for Seafloor Spreading

واجهت فرَضيّة توسُّع قاع المحيط العديدَ من الاعتراضات من العلماء، وخاصّة أن هس لم يستطع أن يوضّح سبب توسُّع قاع المحيط. ولكنها مع ذلك حظيت باهتمام علماءَ آخرين؛ لأنها توضّح طريقة تشكُّل القشرة الأرضيّة واستهلاكها، وكيفيّة توسُّع قيعان المُحيطات. وقد تم ربطُ هذه الفرَضيّة بالعديد من الاكتشافات التي عُدَّتْ أدلة تثبت صحتها وتدعمها منها: أعمارُ صُخور قاع المحيط، والأشرطة المغناطيسيّة، وتركيب صُخور قاع المحيط.

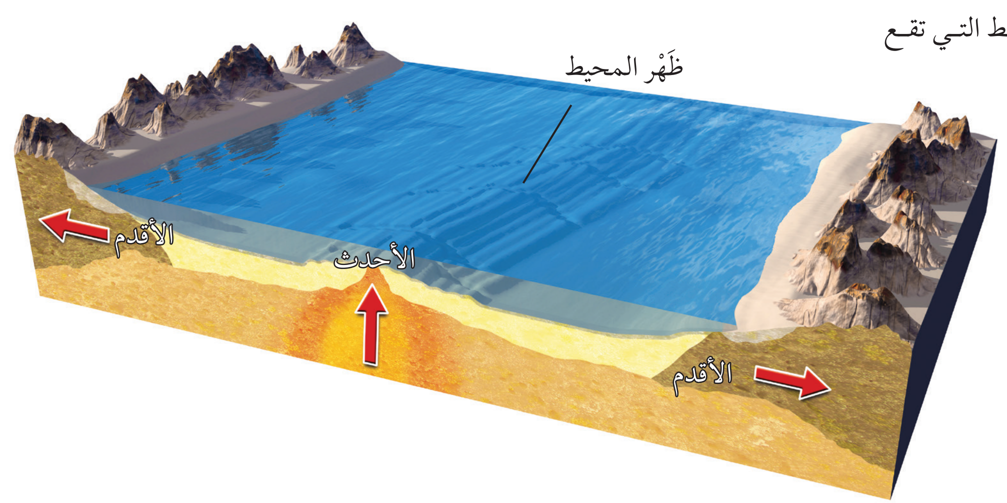
أفكّرُ

هل يتغيّرُ حجمُ الأرض وكتلتُها نتيجة توسُّع قاع المحيط؟ أناقش هذا السؤال مع معلّمي/ معلّمتي وزملائي/ زميلاتي مسوِّغًا إجابتي.

عُمْر صُخور قاع المحيط

The Age of the Ocean Floor Rocks

عَدَّ العلماء عمرَ صُخور قاع المحيط من أفضل الأدلّة التي دعمت فرَضيّة توسُّع قاع المحيط، حيث استخدمت سفينة (غلومار شالنجر) Glomar Challenger منذ عام 1968م لجمع عيّناتٍ صخريّةٍ تمثّل قاع المحيط، التقطت السفينة تلك العيّنات من صُخور جانِبَيْ ظَهْر المحيط. حيث أكّدت البيانات التي تم الحصول عليها بعد تحليل تلك العيّنات على صحّة فرَضيّة توسُّع قاع المحيط. فقد وجد العلماء أن العيّنات الصّخرية التي أُخِذت من المناطق البعيدة عن ظَهْر المحيط الأقدم عُمْرًا، في حينِ أن العيّنات الصّخريّة التي أُخِذت من وسط ظَهْر المحيط كانت هي الأحدثَ عمرًا. أنظر الشكل (7).



الشكل (7): تقع الصّخور الأقدمُ بالقرب من حافّات القارّات، بينما تقع الصّخور الأحدثُ في منطقة وسط المحيط.

أستنتِجُ العلاقة بين الصّخور المتناظِرة على جانِبَيْ ظَهْر المحيط التي تقع بالقرب من القارّات.

وأنّ عمرَ الصّخور يزداد كلّما ابتعَدنا عن منطقة وسط ظَهْر المحيط باتجاه حوافّ القارّات أو مناطق الأخاديد البحريّة وتتماثل أعمارُها على جانبَيْ ظَهْر المحيط. وقد أكّدت الدّراسات أن أقدمَ عُمْرٍ لصُخور قشرة محيطيّة لا يزيد عن 180 m.y تقريبًا، بينما يزيد أقدم عُمْرٍ لصُخور قشرة قارّية عن 4.4 b.y . وقد أدى هذا إلى إثارة أسئلة متنوّعة عند العلماء منها: لماذا لا تتساوى أعمار صُخور القشرة المحيطيّة مع صُخور القشرة القارّية؟

الأشرطة المغناطيسيّة Magnetic Strips

يتكوّن لُبُّ الأرض من عنصرَي الحديد والنّيكل، وينقسم إلى جزأين: لُبٌّ خارجيّ يوجد في الحالة السائلة، ولُبٌّ داخليّ يوجد في الحالة الصُّلبة. وينشأ عن حركة صهير الحديد والنّيكل في اللّبّ الخارجي تيّارٌ كهربائيّ ينشأ عنه المجال المغناطيسيّ الأرضي. أنظر الشكل (8).

وقد دلّت الدّراسات على أن المعادن المغناطيسيّة مثل الماغنيتيت عندما تتبلور من الماغما المندفعة عند ظَهْر المحيط، فإنها تتمغنَط وتترتّب ذرّاتها باتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضي نفسه، وعندما تتصلّب فإنها تحتفظ باتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضي وقت تكوّنها. وتُسمّى هذه الظاهرة **المغناطيسيّة القديمة** **Paleomagnetism**.

الشكل (8): ينتج عن حركة مصهور الحديد والنّيكل مجال مغناطيسيّ له قُطبان شماليّ وجنوبيّ.

الرّبط بعلم البحار والمُحيطات

أكدت الدراسات أن عُمْرَ صُخور قشرة قاع البحر الأبيض المتوسّط تساوي 340 m.y، وباقي أعمار صُخور قاع البحار والمُحيطات لا تزيد عن 180 m.y. ويفسّر العلماء سبب زيادة عُمْرِ صُخور قاع البحر الأبيض المتوسّط مقارَنةً بباقي البحار والمُحيطات في أن صُخوره تمثّل بقايا صخور قاع محيط التيثس القديم.

أفكّر

لماذا لا تزيد أعمار صُخور قاع المحيط عن 180 m.y بينما يزيد عُمْرُ صخور القشرة القارّية عن 4.4 b.y؟

اكتشف العلماء أن المجال المغناطيسيّ الأرضي قد عكس اتجاهه في مُدد زمنية مختلفة عبر التاريخ الجيولوجيّ بسبب تغيُّر اتجاه حركة صهير الحديد والنّيكل في اللّبّ الخارجي. وقد اصطلح العلماء على تسمية المجال المغناطيسيّ المحفوظ في الصّخور التي تتّجه فيها المعادن المغناطيسيّة باتجاه المجال المغناطيسيّ الحالي نفسه قطبيّة عادية Normal Polarity، بينما يُسمّى المجالُ المغناطيسيّ المحفوظ في الصّخور التي تتّجه فيها المعادن المغناطيسيّة بعكس اتجاه المجال المغناطيسيّ الحالي القطبيّةَ المقلوبةَ Reverse Polarity. ويُسمّى التغيُّرُ في قطبيّة المجال المغناطيسيّ للأرض من عاديّة إلى مقلوبة **الانقلابَ المغناطيسيَّ Magnetic Reversal**.

أظهرت الدراسات التي قام بها العلماء باستخدام أجهزة قياس الشِدّة المغناطيسيّة Magnetometers لصُخور قاع المحيط أن هناك نمطًا معيّنًا يظهر في تعاقُب الصّخور على جانِبَيْ ظَهْر المحيط؛ إذ تكون على شكل أشرطة مغناطيسيّة ذات شِدّة مغناطيسيّة عالية، وأشرطة مغناطيسية ذات شِدّة مغناطيسيّة منخفضة بصورة متعاقِبة وموازية لظَهْر المحيط، حيث إن كل شريطين متناظِرين على جانِبَيْ ظَهْر المحيط لهما الشِدّة المغناطيسيّة نفسُها، والعمرُ نفسُه. أنظر الشكل (9). وقد فسّر العلماء ذلك بأن صُخور القشرة المحيطيّة المكوِّنة لهذه الأشرطة عندما تتكوّن في وسط ظَهْر المحيط تتمغنط معادنُها المغناطيسيّة بحسب المجال المغناطيسيّ السائد في ذلك الوقت؛ ولذلك، فإن الأشرطةَ ذاتَ الشِّدّة المغناطيسيّة العالية تشكّلت عندما كان المجال المغناطيسيّ السائد ذا قطبيّة عادية، والأشرطةَ ذاتَ الشِّدّة المغناطيسيّة المنخفِضة تشكّلت عندما كان المجال المغناطيسيّ السائد ذا قطبيّة مقلوبة. وتُعَدُّ المغناطيسيّة القديمة للصّخور المكوِّنة لقاع المحيط والانقلاب المغناطيسيّ والشِّدّة المغناطيسيّة من الأدلّة على صِحّة فرَضيّة توسُّع قاع المحيط.

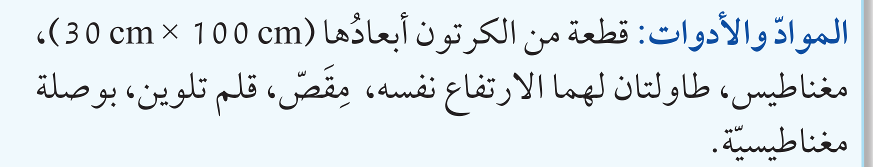
الشكل (9): تُعَدُّ الأشرطةُ المغناطيسيّة المتعاقِبة ذاتُ الشِّدّة المغناطيسيّة العالية (+) والأشرطة المغناطيسيّة ذاتُ الشِّدّة المغناطيسيّة المنخفضة (−) الموجودة على جانِبَيْ ظَهْر المحيط أحدَ الأدلّة على فرَضيّة توسُّع قاع المحيط.
أقارِن بين الصّخور التي عُمْرُها 1.9 m.y على جانِبَيْ ظَهْر المحيط من حيث الشِّدّة المغناطيسيّة ونوع القطبيّة المغناطيسيّة.

ولِتعرُّف طريقة تشكُّل الانقلابات المغناطيسيّة في أثناء توسُّع قاع المحيط، أنفِّذ التجربة الآتية:

التّجربة 2

الانقلابات المغناطيسيّة وتوسُّع قاع المحيط

يُعَدُّ الانقلابُ المغناطيسيُّ أحدَ الأدلّة على فَرضيّة توسُّع قاع المحيط. فما الطريقة التي تتوسّع بها قيعان المُحيطات؟ وما علاقتُها بالمغناطيسيّة الأرضيّة؟



الشكل (أ)

الشكل (ب)

الموادّ والأدوات: قطعة من الكرتون أبعادُها ($30\ cm \times 100\ cm$)، مغناطيس، طاولتان لهما الارتفاع نفسه، مِقَصّ، قلم تلوين، بوصلة مغناطيسيّة.

إرشادات السّلامة:

– الحذَرُ عندَ استخدام المِقَصّ.

خُطُوات العمل:

1. أضَع الطاولتين بجانب بعضهما بعضًا، حيث يلتصق طرفاهما تقريبًا.
2. أَثني قطعة الكرتون من منتصَف طولها.
3. أُدخِل قطعة الكرتون المثنيّة بين طرفَي الطاولتين من أسفلَ، حيث تظهر حافّتاها من أعلى الطاولة كما في الشكل (أ).
4. أحدِّد اتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضيّ باستخدام البوصلة.ثم أضَع المغناطيس باتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضي نفسه ليمثّل المجال المغناطيسي الأرضي الحالي.
5. أرسُم خطّين على امتداد الشّق على طرفَيْ قطعة الكرتون كما في الشكل (ب).
6. أكتُب على كل طرَف من أطراف الكرتون حرف (ع)؛ ليمثّل قطبيّة عاديّة.
7. أقلب المغناطيس حيث يصبح بعكس اتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضي الحالي، وأحدِّد اتجاه المجال المغناطيسيّ باستخدام البوصلة، ثم أسحَب طرفَيْ قطعة الكرتون مبتعِدًا عن المنتصَف، وأكرّر الخطوة 5.
8. أكتُب على كل طرَف من أطراف الكرتون حرف (م)؛ ليمثِّل قطبيّة مقلوبة.
9. أكرِّر الخُطُواتِ من (4 – 8) عدّة مرّات، وأحرِص على أن يكون عَرْضُ قطعة الكرتون التي أسحبُها متساويًا في كلا الجانِبَيْن في كل مرّة.

التّحليل والاستِنتاج :

1. أحدِّد: ماذا يمثّل الحدّ الفاصل بين طرفَي الطاولتين المتجاورتين؟
2. **أقارِن** بين كل شريطين متناظِرَين على جانِبَي الشّق من حيث قطبيّةُ الشريط وعَرْضُه.
3. **أفسِّر** سبب وجود تعاقُب أشرطةٍ ذاتِ قطبيّةٍ عاديّة، وقطبيّةٍ مقلوبة لصُخور قاع المحيط.
4. **أستنتِج** العلاقة بين الأشرطة المغناطيسيّة المتناظِرة على جانِبَيْ ظَهْر المحيط.

مكوّنات صخور قاع المحيط

Composition of the Ocean Floor Rocks

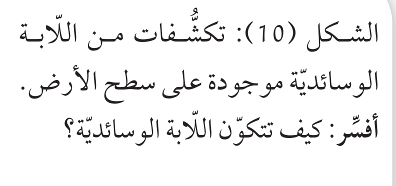
استخدم العلماء في عام 1964م الغوّاصة (ألفين) Alvin لدراسة قيعان المُحيطات. حصل العلماء على عيّنات صخريّة متنوّعة تمثّل قيعان المُحيطات فوجدوا أنها مكوَّنة جميعُها من صُخور ناريّة ذاتِ تركيب بازلتيّ، تغطّيها طبقات رسوبيّة يقلّ سُمكُها بشكل تدريجيّ كلّما اتّجهنا نحو وسط ظَهْر المحيط حتى تختفي عند مركزه. وقد اكتشف العلماء أن الصّخور البازلتيّة تظهر على شكل وسائدَ، وتوجد على امتداد ظَهْر المحيط تُسمّى لابَةً وسائدِيّةً Pillow Lava. أنظر الشكل (10). وقد فسّر العلماء أن مثل هذه الصّخور يمكن أن تتكوّن فقط بسبب اندفاع الماغما على امتداد وسط ظَهْر المحيط، حيث تتصلّب الماغما المندفعة من الشقوق الموجودة في وسط ظَهَر المحيط بسرعة، بسبب ملامستها للماء. وقد أظهَرت دراسات صُخور قاع المحيط أن الماغما قد اندفعت بشكل متكرّر من تلك الشقوق ما يدل على تشابُه آليّة تشكُّل صخور قاع المحيط.

✓ **أتحقّق:** أذكُر ثلاثة أدلّة تدعم فرَضيّة توسّع قاع المحيط.

الرّبط بالتاريخ

سُمّيت غوّاصةُ (ألفين) Alvin بهذا الاسم تقديرًا للعالِم الفيزيائيّ ألين ألفين (Allyn C. Vine) صاحبِ فكرة الغوّاصة، والمشرفِ على تطويرها. وغوّاصة ألفين غوّاصة صغيرة بُنِيت لدراسة قيعان المُحيطات، وقد بدأت رحلاتها الاستكشافيّة منذ عام 1964م حيث تستطيع حَمْلَ عدد من العلماء في داخلها، وتستطيع تحمُّل ضغط الماء على عُمق يصل إلى 4km. أجرت الغوّاصة أكثرَ من 4700 مَهَمّة تحت الماء، منها: اكتشافُ البراكين الحرمائيّة في قيعان المُحيطات، ودراسةُ الكائنات الحيّة البحريّة. وما زالت تعمل حتى الآن بشكل جيّد.





الشكل (10): تكشُّفات من اللّابة الوسائديّة موجودة على سطح الأرض.
أفسِّر: كيف تتكوّن اللّابة الوسائديّة؟

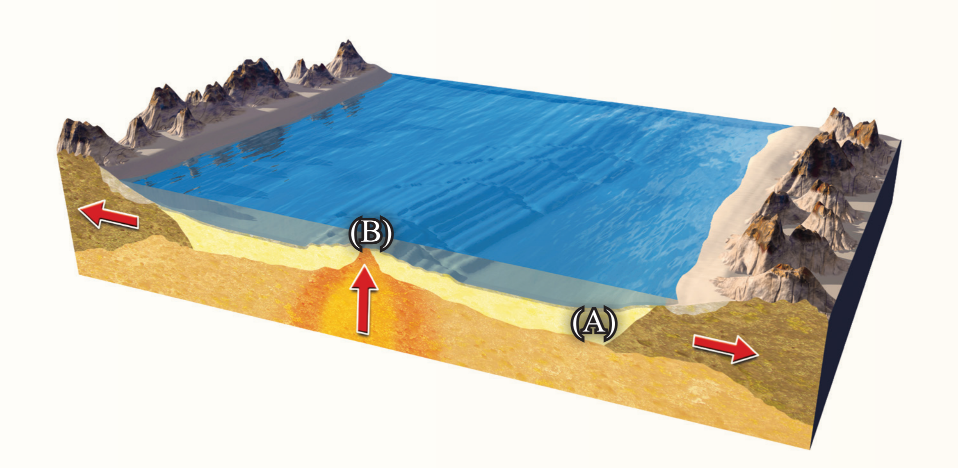
مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة**: أوضِّح: كيف تتشكّل القشرةُ المحيطيّةُ بحسَب فرَضيّة توسُّع قاع المحيط؟

2. **أصِف** ظَهْرَ المحيط.

3. **أقارِن** بين القطبيّة المغناطيسيّة العاديّة، والقطبيّة المغناطيسيّة المقلوبة من حيث الشِّدَّة المغناطيسيّة.

4. **أقارِن**: إذا حصلتُ على عيّنتين من صُخور أحد قيعان المُحيطات في الموقعين (A) و (B) كما في الشكل الآتي، فأيُّهما الأحدثُ عُمْرًا؟ لماذا؟



5. **أناقش** صحة ما أشارت إليه العبارة الآتية: "تُعَدُّ الأشرطة المغناطيسيّة دليلًا يدعم فرَضيّة توسُّع قاع المحيط".

6. **أستنتِج**: لماذا تتكوّن صُخور قيعان المُحيطات جميعها من النوع نفسه من الصخور وهو البازلت؟

7. **أفسِّر**: لماذا لا توجد قشرة محيطيّة عُمْرُها أقدَمُ من 180 m.y في المُحيطات؟



حدود الصّفائح

Plate Boundaries

الفكرة الرئيسة:

تتكوّن المظاهر الجيولوجيّة ومنها السّلاسلُ الجبليّة والأخاديد البحريّة عند حدود الصّفائح، وتُعَدُّ تيارات الحمل في السّتار المسؤولةَ الرئيسة عن حركة الصّفائح الأرضيّة.

نتاجات التعلّم:

- أحدِّد أنواع حدود الصّفائح.
- أوضِّح العلاقة بين التراكيب الجيولوجيّة وحركة الصّفائح التكتونيّة.
- أربط بين حدوث الزلازل والبراكين وبين حدود الصّفائح الأرضيّة.

المفاهيم والمصطلحات:

نظريّة الصّفائح التكتونية Plate Tectonic Theory

الصّفيحة Plate

الحدود المتباعدة Divergent Boundaries

الحدود المتقاربة Convergent Boundaries

نطاق الطرح Subduction Zone

الأقواس البُركانيّة Volcanic Arcs

أقواس الجُزُر Island Arcs

الحدود التحويليّة Transform Boundaries

تيارات الحمل Convection Currents

بنية الأرض Earth's Structure

استطاع العلماء باستخدام الدراسات الجيوفيزيائيّة تعرُّف بنية الأرض الداخلية، حيث وجدوا أن الأرض تتكوّن من ثلاثة أنطِقة رئيسة هي:

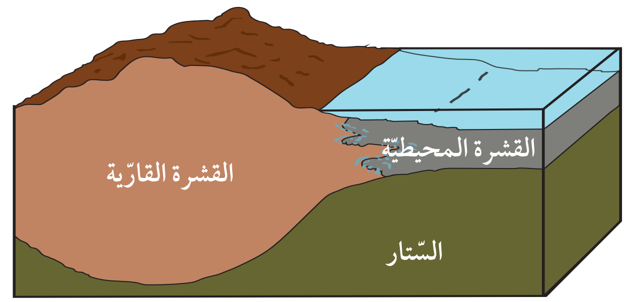
القشرة الأرضيّة Earth Crust

تمثِّل القشرة الأرضيّة النطاق الخارجيّ الصُّلب للأرض، وتُقسَم إلى نوعين: قشرة محيطيّة تقع أسفل المُحيطات تتكوّن من صخر البازلت ويبلغ متوسط سُمْكِها 7 km تقريبًا، ومتوسط كثافتها $3\ g/cm^3$ ، وقشرة قارّية تقع أسفل القارّات تتكوّن بشكل رئيس من صخر الغرانيت، ويبلغ متوسط سُمْكِها 35 km تقريبًا، ومتوسط كثافتها $2.7\ g/cm^3$، أنظر الشكل (11).

السّتار Mantle

يقع السّتار أسفل القشرة الأرضيّة، ويمتد إلى عمق 2885 km، ويُقسَم السّتار إلى أجزاءَ مختلفةٍ بناءً على الخصائص الفيزيائيّة لمكوّناته على النحو الآتي:

- **السّتار العُلويّ Upper Mantle** وهو الجزء من السّتار الذي يمتد من أسفل القشرة الأرضيّة حتى عمق 700 km. يُقسَم السّتار العُلويّ إلى جزأين، الجزء العُلويّ منه تشبه خصائصُه خصائصَ القشرة الأرضيّة، وهو في الحالة الصُّلبة ويتكوّن من صُخور البيريدوتيت، ويمتد إلى عمق 100 km.



الشكل (11): تُقسَمُ القشرةُ الأرضيّة إلى نوعين: قشرة قارّية، وقشرة محيطيّة.

أقارِن بين القشرة القارّية، والقشرة المحيطيّة من حيث السُّمْك والكثافة.

ويُطلِق العلماء على الجزء الصُّلب من الأرض الذي يشمل القشرة الأرضيّة وأعلى السّتار الغلاف الصّخري Lithosphere.

والجزء السُّفليّ منه يُسمّى الغلافَ المائعَ Asthenosphere ويمتد من عمق 100 km حتى عمق 700 km، ويتكوّن من صُخور في الحالة اللّدِنة.

- **السّتار السُّفليّ Lower Mantle** يمتد السّتار السُّفليّ من عمق 700 km حتى عمق 2885 km، وهو أكثر سخونة وكثافة وصلابة من السّتار العُلويّ.

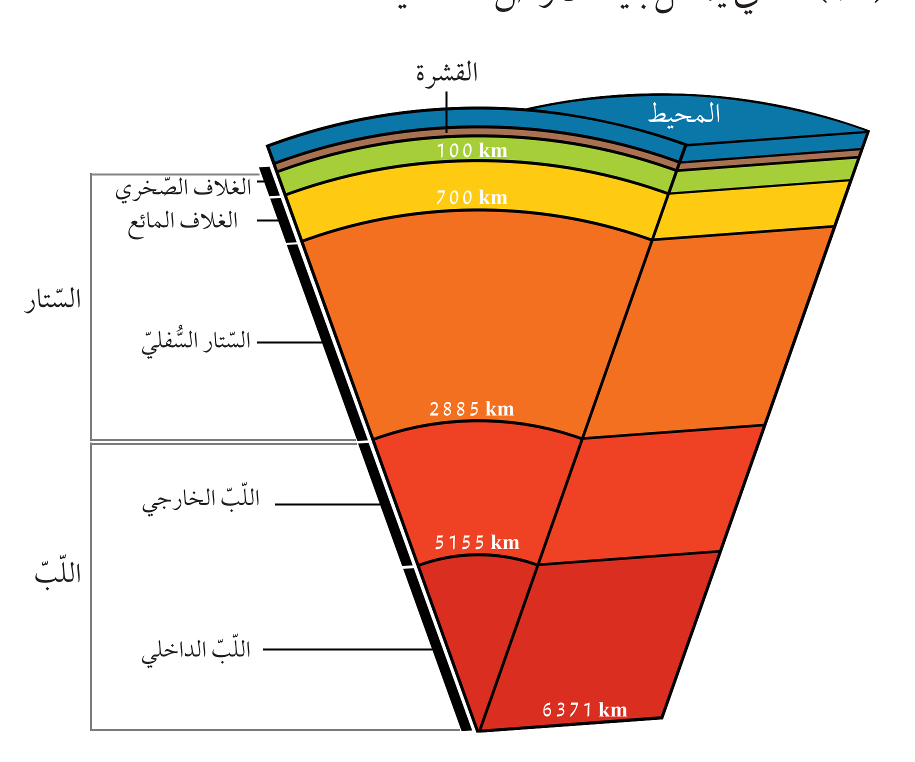
اللّبّ Core

يمتد اللّبّ من عمق 2885 km وحتى مركز الأرض على عمق 6371 km، ويقسم اللّبّ إلى جزأين: اللّبّ الخارجي Outer Core وهو في الحالة السائلة ويتكوّن بشكل أساسي من عنصري الحديد والنّيكل، ومن عناصر أخرى مثل الكبريت والأكسجين والسيليكون، واللّبّ الداخلي Inner Core وهو في الحالة الصُّلبة، ويتكوّن من عنصري الحديد والنيكل. أنظر الشكل (12) الذي يمثّل بنية الأرض الداخلية.

الربط بعلم الزلازل

استخدم العلماء المعلومات التي تم الحصول عليها من دراسة سلوك الموجات الزلزالية في باطن الأرض في تعرّف بنية الأرض، وتحديد أنطقتِها الرئيسة. وتوصلوا إلى وجود انقطاعات بين هذه الأنطِقة حيث تزداد سرعة الموجات بشكل مفاجئ منها: نطاق موهو الذي يفصل القشرة الأرضيّة عن السّتار، ونطاق غوتنبيرغ الذي يفصل السّتار عن اللّبّ.

✓ **أتحقّق:** أصِف الحالة الفيزيائية لكل من الغلاف الصّخري والغلاف المائع.



الشكل (12): تتكوّن الأرض من ثلاثة أنطِقة رئيسة هي: القشرة الأرضيّة، والسّتار، واللّبّ.

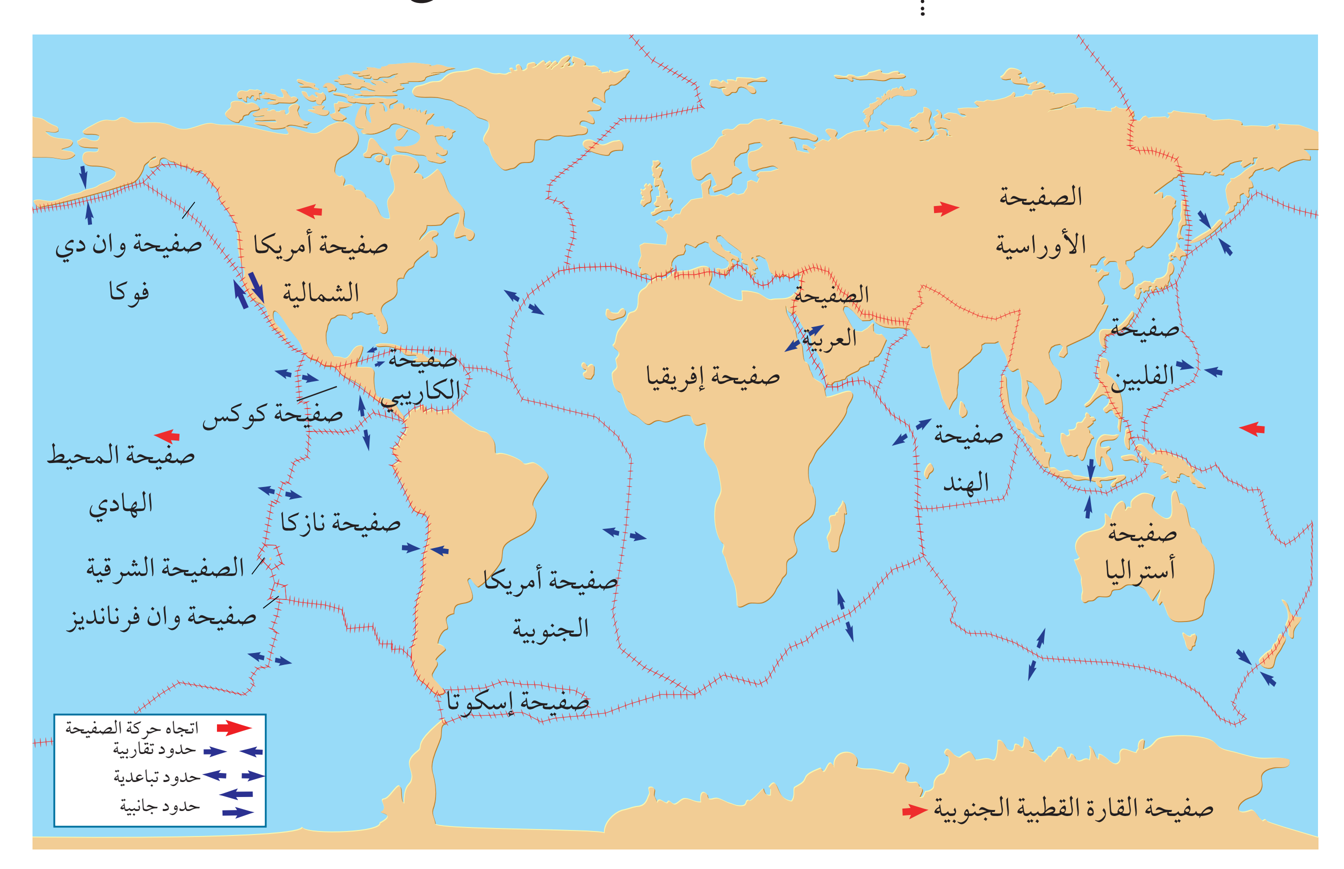
أحدِّد سُمْكَ الغلاف المائع.

مفهوم الصّفيحة التكتونيّة Tectonic Plate Concept

فسَّـر العلمـاء مـن خـلال فرَضيّـة توسُّـع قـاع المحيط آليـة حركة القـارّات، وكيفيـة تشـكُّل المُحيطات، ولكنهـم مع ذلك لم يسـتطيعوا تفسـير العديد مـن المظاهـر الجيولوجيّة الأخرى مثل تشـكُّل البراكين والـزلازل والجبـال فـي أحزمـة معيّنـة مـن سـطح الأرض. وقـد قـام العديـد مـن العلمـاء بتطويـر نظريّـة جديـدة اعتمـدت على دمـج أدلّة جديـدة مـع الأدلّة السـابقة التـي قدّمهـا كل مـن العالِمَيـن فغنر وهس فسّـرت جميع الظواهـر الجيولوجيّة سُـمِّيت **نظريّةَ الصّفائـحِ التكتونيّةِ** **Plate Tectonic Theory**.

تنصّ نظريّة الصّفائح التكتونيّة على أن "الغلاف الصّخريّ الصُّلب مُقسَّم إلى عدد من القطع يُسمّى كل منها **صفيحةً** **Plate** . تتحرّك كل صفيحة ببطء فوق الغلاف المائع حركة مستقلّة نسبة إلى الصّفائح المجاورة لها، إما متقاربة معها، أو متباعدة عنها، أو بمحاذاتها بحركة جانبية " أنظر الشكل (13)، وتختلف الصّفائح في أحجامها فبعضُها صفائحُ كبيرة الحجم مثل صفيحة أوراسيا، وبعضُها صغيرة الحجم مثل صفيحة إسكوتا. وتُصَنَّف الصّفائحُ الأرضيّةُ بحسب تركيبها إلى

الشكل (13): ينقسم الغلاف الصّخريّ إلى صفائحَ مختلفةِ الأحجام تتحرّك كل منها بحركات مختلفة نسبة إلى بعضها بعضًا.



نوعين: صفائح قارّية Continental Plates وهي الصّفائح التي تقع أسفلَ القارّات، وتتكوّن من صخر الغرانيت، وتحتوي في الغالب على جزء من القشرة المحيطيّة، وصفائح محيطيّة Oceanic Plates تقع أسفلَ المُحيطات، وتتكوّن من صخر البازلت.

أنواع حدود الصّفائح Types of Plate Boundaries

تحدُث الحركة بين الصّفائح الأرضيّة على امتداد حدودها، ويُسمّى التقاءُ حوافّ الصّفائح مع بعضهما بعضًا حدودَ الصّفائح Plate Boundaries، وتُقسَم حدودُ الصّفائح إلى ثلاثة أنواع اعتمادًا على طبيعة حركتها هي: الحدود المتباعدة، والحدود المتقاربة، والحدود التحويليّة. وتتميز معظم الصّفائح بوجود أنواع مختلفة من الحدود على حوافّها.

الحدود المتباعدة Divergent Boundaries

تتشكّل **الحدود المتباعدة Divergent Boundaries** حينما تبتعد صفيحتان عن بعضهما بعضًا، وتوجَد معظمُ الحدود المتباعدة في المُحيطات على امتداد وسط ظَهْر المحيط في مناطق الوديان المتصدِّعة Rift Valleys وهي مناطقُ منخفضةٌ ضيّقة تقع على امتداد ظَهْر المحيط تتكوّن نتيجة تباعُد الصّفائح بعضها عن بعض. وينتج عن تباعُد الصّفائح توسُّع قاع المحيط ونشأة غلاف صخريّ محيطيّ في مناطق ظَهْر المحيط؛ لذلك تُسمّى حدود التباعُد بمراكز التوسّع، وقد تحدُث بعض مراكز التوسّع أيضًا في القارّات، مثل الوادي المتصدِّع الكبير الذي يتشكّل حاليًّا في شرق إفريقيا. أنظر الشكل (14).

تُسمّى حدودُ الصّفائح المتباعدة، بالحدود البنّاءة؛ لأنه يحدث فيها بناءُ غلاف صخريّ محيطيّ جديد. حيث يتكوّن الغلاف الصّخريّ المحيطيّ عند الحدود المتباعدة. وترتبط الحدود المتباعدة بالبراكين والزلازل والتدفّق الحراري المرتفع نسبيًّا. ولكن كيف ينشأ محيط جديد في وسط القارّة؟

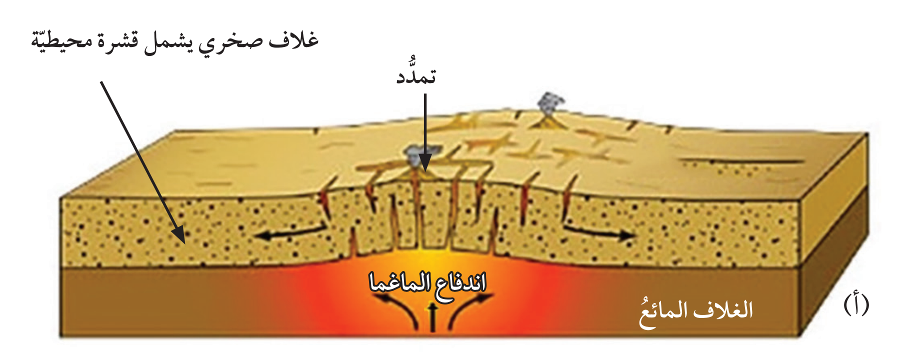
✓ **أتحقّق: أقارِن** بين الصّفائح القارّية والصّفائح المحيطيّة من حيث نوع الصّخور المكوِّنة لها.

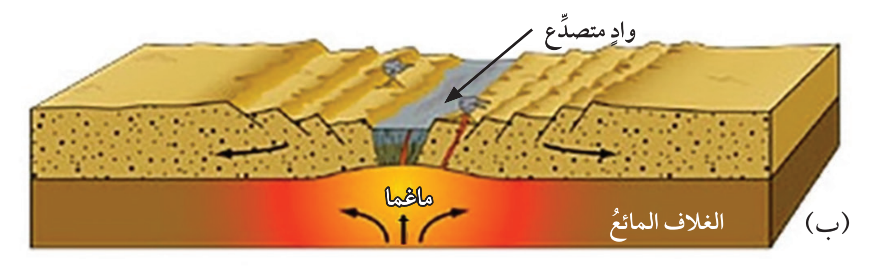
الشكل (14): الوادي المتصدِّع الكبير شرق إفريقيا الذي يمثِّل مركزَ توسُّعٍ في وسط القارة.

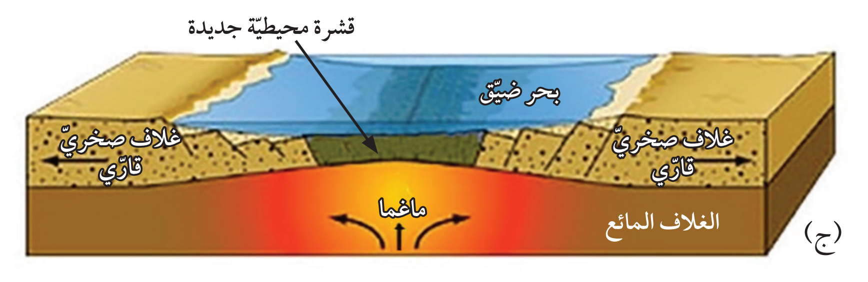
أفكّر

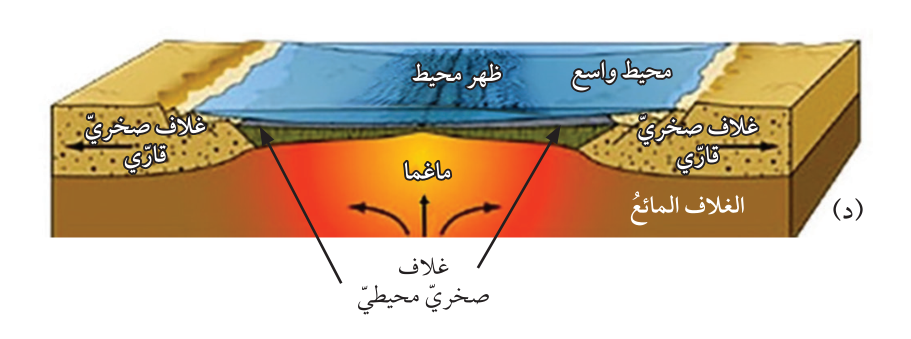
لماذا تتميز مناطق ظَهْر المحيط بحدوث الزلازل والبراكين فيها؟

تبدأ عملية نشأة المحيط عندما ترتفع التيارات الصاعدة حاملةً معها الماغما للأعلى؛ لتصل إلى أسفل الغلاف الصّخريّ القارّي، ونتيجة للحرارة العالية يتمدّد. ومع استمرار صُعود الماغما تتولّد قُوى شَدٍّ تعمل على تشقُّق الغلاف الصّخريّ القارّي، وتكوُّن الصُّدوع العاديّة. ثم في النهاية يتشقّق الغلاف الصّخريّ القارّي وينقسم إلى صفيحتين بينهما وادٍ متصدِّع. ومع استمرار اندفاع الماغما أسفل الصّفيحتين يزداد تباعُد الصّفيحتين، وتتكوّن قشرة محيطيّة جديدة ويُبنى غلافٌ صخريٌّ محيطي جديد، ويتشكّل بحرٌ ضيّق مثل البحر الأحمر. ومع استمرار اندفاع الماغما تتكوّن قشرة محيطيّة جديدة، ويُبنى غلافٌ صخريٌّ محيطيٌّ جديد، وبازدياد التباعُد يتكوّن محيط مثل المحيط الأطلسيّ. أنظر الشكل (15).









الشكل (15): مراحل تشكُّل المحيط، حيث يبدأ باندفاع ماغما أسفل الصّفيحة، ويتطوّر حتى يتشكّل محيط جديد.

(أ): تندفع الماغما إلى أعلى ما يؤدي إلى تمدُّد الغلاف الصّخري القارّي ومن ثم تشقّقه.

(ب): ينقسم الغلاف الصّخري القارّي، ويتكوّن وادٍ متصدِّع.

(ج): يتشكّل بحر ضيّق.

(د): في النهاية يتشكّل محيط.

الحدود المتقاربة Convergent Boundaries

تتشكّل **الحدود المتقاربة** Convergent Boundaries عند تقارُب صفيحتين من بعضهما بعضًا، وتعتمد المظاهر الجيولوجيّة الناتجة على نوع الصّفائح المتقاربة، فقد تتشكّل الحدود المتقاربة من تقارُب صفيحة محيطيّة مع صفيحة قارّية، أو تقارُب صفيحتين محيطيّتين، أو تقارُب صفيحتين قارّيّتين. وتُسمّى الحدودُ المتقاربة الحدودَ الهدّامةَ بسبب حدوث استهلاك للغلاف الصّخريّ المحيطيّ على حدودها.

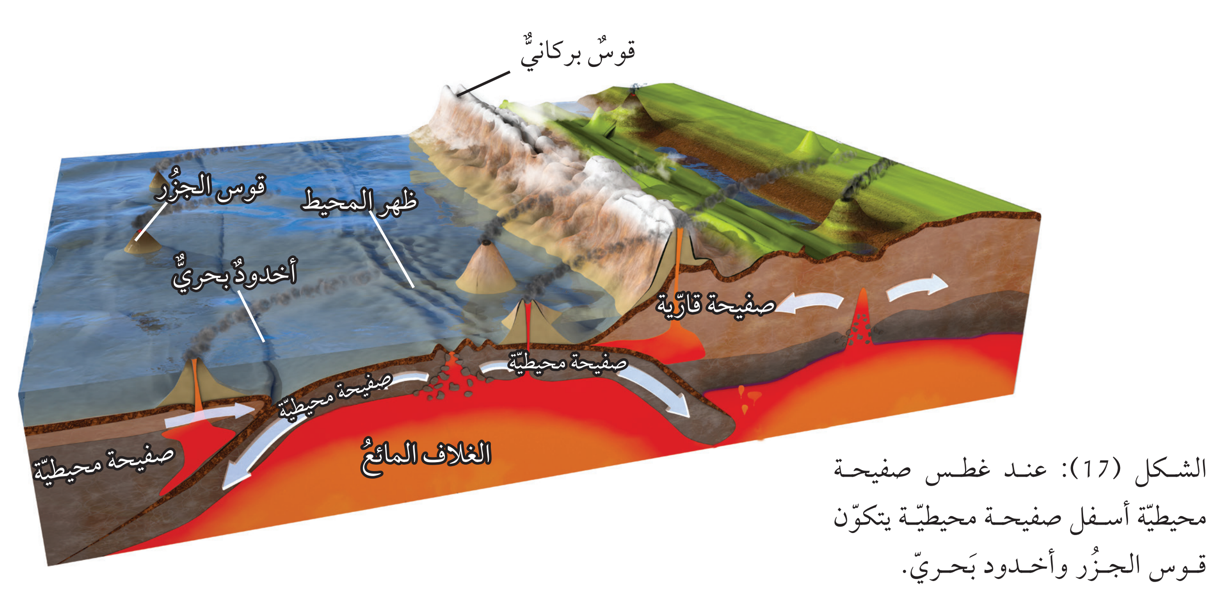
تقارُب صفيحة محيطيّة مع صفيحة قارّية
Convergence of an Oceanic Plate with a Continental Plate

عند تقارُب صفيحة قارّية من صفيحة محيطيّة تطفو الصّفيحة القارّية فوق الصّفيحة المحيطيّة؛ لأنها أقلُّ كثافةً منها، وتغطس الصّفيحة المحيطيّة الأكثرُ كثافةً في الغلاف المائع. ولذلك، يُسمّى هذا النّوعُ من التقارُب **نطاق الطّرح** Subduction Zone. أنظر الشكل (16). وينتُج عن نطاقَ الطّرح أخدودٌ بحريٌّ نتيجة غطس الصّفيحة المحيطيّة أسفلَ الصّفيحة القارّية. ومن أمثلته أخدود بيرو- تشيلي الناتج عن غطس صفيحة نازكا أسفلَ صفيحة أمريكا الجنوبيّة.

تحمل الصّفيحة المحيطيّة الغاطسة معها رسوبيّاتٍ محيطيّةً، وعندما تصل إلى عُمقٍ يتراوح بين km (100-150) تبدأ حوافّها وما تحمله من رسوبيّات بالانصهار، وتنتج ماغما جديدة أنديزيتية التركيب أقلّ كثافةً مما حولها، فترتفع إلى الأعلى حتى تصل في النهاية إلى سطح الأرض على شكل سلسلة من البراكين، تمتد على طول حافّة

الشكل (16): ينتُج عن غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة قارّية نطاق طرح.

أفسّر سبب تكوُّن أخدودٍ بحريٍّ بين صفيحتَي نازكا وأمريكا الجنوبيّة.



الشكل (17): عند غطس صفيحة محيطيّة أسفل صفيحة محيطيّة يتكوّن قوس الجزُر وأخدود بَحريّ.

> **أفكّر**
>
> عند غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة محيطيّة أخرى فإنها تنصهر. ما نوع الصّخور المكوِّنة لأقواس الجزُر؟ لماذا؟

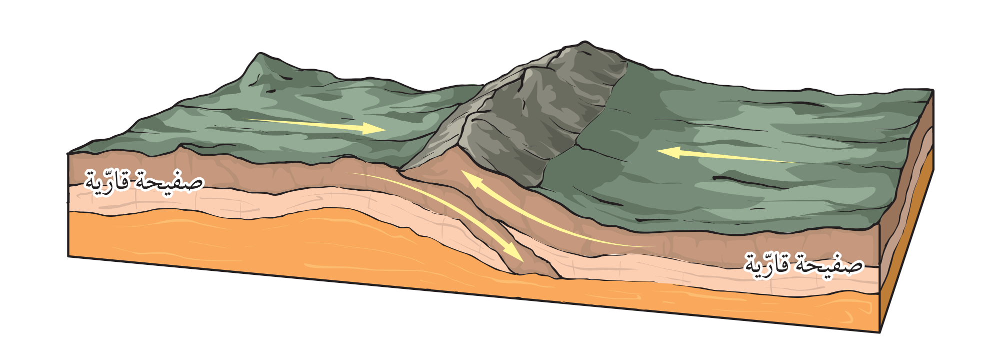
الصّفيحة القارّية موازيةً للأخدود البحريّ على شكل قوسٍ يُسمّى **قوسَ بركانّي** **Volcanic Arc** مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبيّة.

تقارُب صفيحتين محيطيّتين
Convergence of two Oceanic Plates

عند تقارُب صفيحتين محيطيّتين من بعضهما بعضًا، تغطس الصّفيحة الأبرد والأكثر كثافة تحت الأخرى. ما يؤدي إلى حدوث انصهار جزئي لحافّتها الغاطسة، وتصعد الماغما الناتجة بسبب قلة كثافتها للأعلى حتى تصل إلى قاع المحيط؛ مشكّلةً براكين بَحريّةً يزداد ارتفاعها مع الزمن، وتتحوّل إلى جزُر بركانيّة. ومع استمرار حركة الصّفيحة تنتُج سلسلة من الجزُر على شكل قوس يوازي الأخاديد البحريّة، يُسمّى **قوسَ الجزُر** **Island Arc**، مثل قوس جزُر ماريانا غرب المحيط الهادي الموازية لأخدود ماريانا. أنظر الشكل (17).

تقارُب صفيحتين قارّيّتين
Convergence of two Continental Plates

تحتوي معظم الصّفائح القارّية في نهايتها على جزء محيطيّ. لذلك، عند تقارُب صفيحتين قارّيّتين من بعضهما بعضًا، يغطس الجزء المحيطيّ للصّفيحة أسفلَ الصّفيحة القارّية الأخرى، ويتكوّن نطاق الطّرح. ومع استمرار الغطس يستهلك الجزء المحيطيّ ويلتقي الجزء القارّي بالجزء القارّي من الصّفيحة الأخرى. وبسبب



الشكل (18): عند تقارُب صفيحتين قارّيتين من بعضهما بعضًا، لا يحدث غطس لأي منهما، ولكن يحدث تصادُم للصّفيحتين مع بعضهما بعضًا.

أفسِّر: لماذا لا تغطس إحدى الصّفيحتين القارّيّتين أسفلَ الأخرى عند التقائهما؟

الكثافة المنخفضة للصّفائح القارّية نسبة إلى الصّفائح المحيطيّة، وبسبب سماكاتها الكبيرة تتصادمان مع بعضهما بعضًا، وينتُج عن التصادم تشوُّهٌ للصّخور، وتتشكّل الطيّات والصُّدوع العكسيّة على امتداد حدود التصادُم. وينتُج عن التصادُم أيضًا سلسلة جبال ضخمة جديدة تتكوّن من صُخور رسوبيّة مشوَّهة ومتحوّلة، وبقايا من القوس البركانيّ وأيضًا أجزاءٌ من القشرة المحيطيّة. ومن الأمثلة على تلك السّلاسل الجبليّة جبال الهيملايا التي تشكّلت نتيجة تصادُم صفيحة أوراسيا مع صفيحة الهند. أنظر الشكل (18).

أفكِّر

لماذا تتشكُّل الصُّدوع العكسيّة في منطقة تصادُم الصّفيحتين القارّيّتين؟

أتحقّق: أذكر مظهرين جيولوجيين يتشكَّلان نتيجة تصادم صفيحتين قارّيّتين.

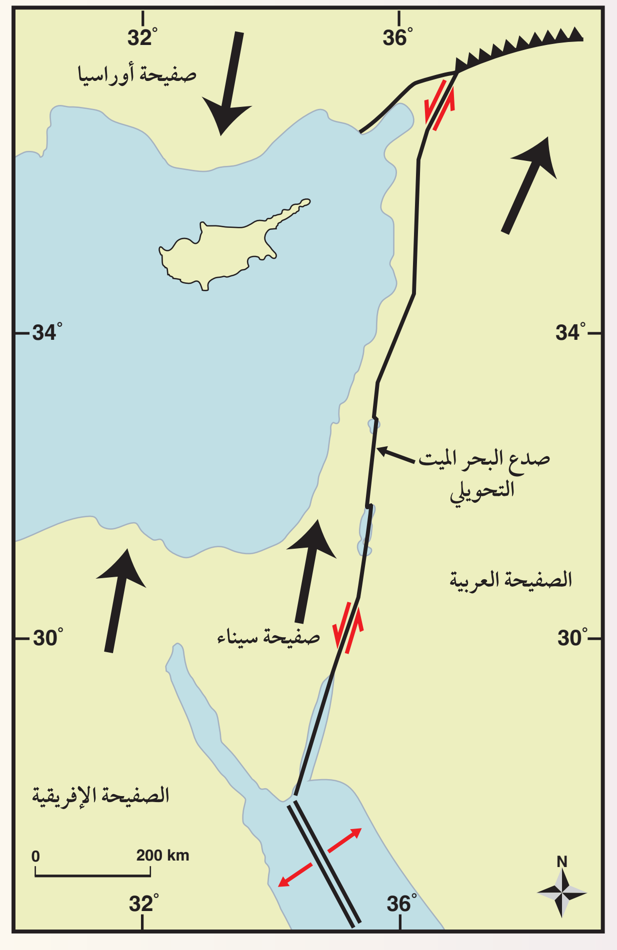
الحدود التحويليّة Transform Boundaries

تُسمّى **الحدودُ التحويليّةُ Transform Boundaries** أيضًا الحدودَ الجانبيّةَ، حيث تتحرّك الصّفائح فيها أفقيًّا بمحاذاة بعضها بعضًا، وتحدث هذه الحدودُ على امتداد صُدوع طويلة يصل طول بعضِها إلى مئات الكيلومترات، تُسمّى صدوعَ التحويل Transform Faults؛ لأن اتجاه الحركة النسبية للصّفيحتين المتجاورتين وسرعتهما يختلفان على امتداد الحدّ الفاصل بينهما. ولا يحدث استهلاك أو بناء للغلاف الصخري عند الحدود التحويليّة؛ لذلك، توصف بأنها حدود محافظة Conservative Boundaries. وتوجد معظم صُدوع التحويل بشكل متوازٍ على جانِبَيْ ظَهْر المحيط، ومن الأمثلة على صُدوع التحويل صَدْعُ البحر الميّت التحويليّ الذي يفصل بين الصّفيحة العربيّة وصفيحة سيناء وصَدْع سان أندرياس الذي يفصل صفيحة أمريكا الشماليّة وصفيحة المحيط الهادي. ولتعرُّف كيفيّة اختلاف اتجاه الحركة النسبيّ على امتداد صُدوع التحويل أنفِّذ النشاط الآتي:



صُدوع التحويل

يُعَدُّ صَدْعُ البحر الميّت التحويليّ أحَدَ صُدوع التحويل الناتج عن حركة صفيحة سيناء، والصّفيحة العربيّة. وقد تعلّمتُ سابقًا في التجربة الاستهلالية أن هناك إزاحةً أفقيّةً حدثت بين الصفيحتين. تمثِّل الأسهُم ذاتُ اللّون الأسود اتجاه الحركة الحقيقيّة لصفيحة أوراسيا، والصّفيحة العربيّة، وصفيحة سيناء والصّفيحة الإفريقيّة، بينما تمثِّل الأسهُم الحمراء الصغيرة (⇆) الحركة النسبيّة لصَدْع البحر الميّت التحويليّ. أدرُس الشكل الآتيَ، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



التحليل والاستنتاج:

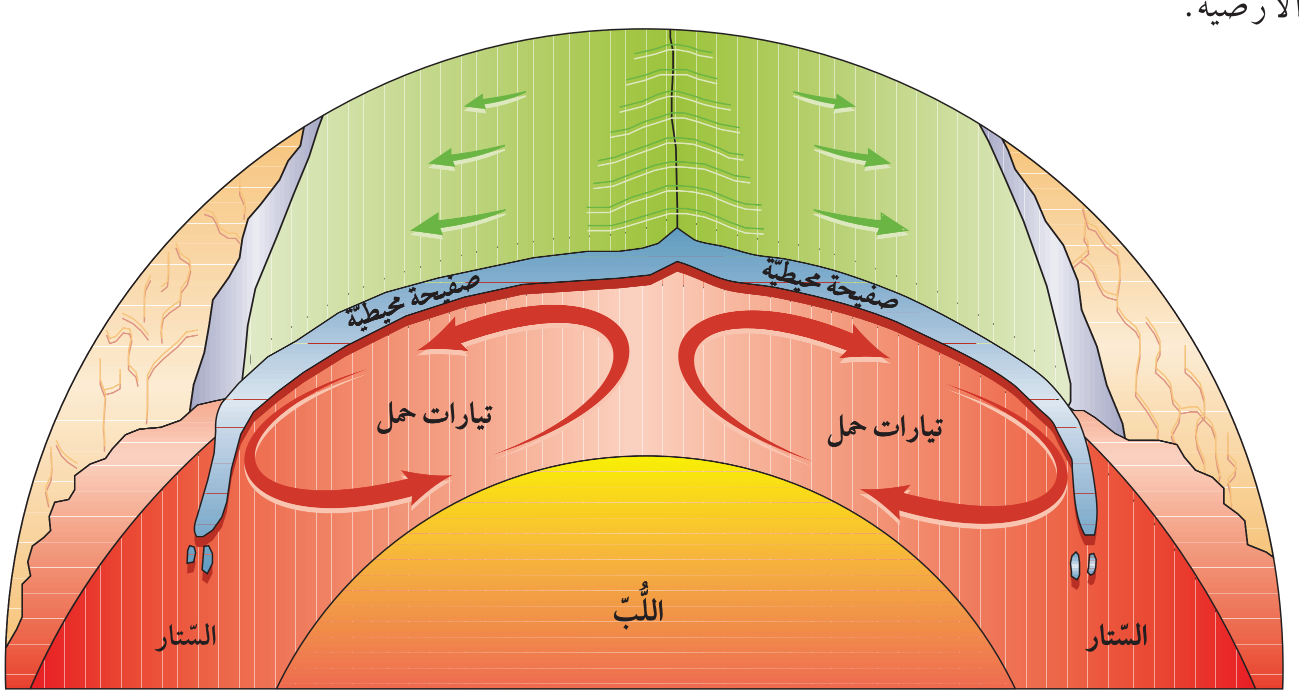
1. أحدِّد اتجاه الحركة الحقيقيّة للصفيحة العربيّة وصفيحة سيناء.
2. أحدِّد اتجاه الحركة النسبيّة على جانِبَي صَدْع البحر الميّت التحويليّ.
3. **أقارِن** بين الحركة الحقيقيّة والحركة النسبيّة لكل من الصّفيحة العربيّة، وصفيحة سيناء من حيث الاتجاه.
4. **أتوقّع** سبب اختلاف اتّجاه الحركة النسبية لصفيحة سيناء عن اتّجاه حركتها الحقيقية.

أسباب حركة الصّفيحة Causes of Plate Motion

اكتشف العالِم ولسون أن تيّارات الحمل **Convection Currents** داخل السّتار هي القوّة المسؤولة عن حركة الصّفائح الأرضيّة، حيث وضّح آلية حركة تيّارات الحمل على النحو الآتي:

يـؤدي تحلُّل العناصـر المشـعّة المتركـزة في السّـتار إلـى زيـادة تسـخين الماغمـا المحيطـة فيهـا فتقـلّ كثافتهـا، وترتفـع إلـى الأعلـى مشـكِّلَةً تيّـاراتٍ صاعدةً ترتفع إلـى الأعلى، حيث يخرج جـزء قليل من الماغمـا من منطقـة ظَهْر المحيط مكوِّنـةً غلافًا صخريًّـا محيطيًّا جديدًا، وتنتشـر باقـي الماغمـا جانبيًّـا أسـفل الصّفيحـة (الغـلاف الصّخـري) مبتعِـدةً عـن ظَهْـر المحيـط، سـاحبةً معها الصّفيحتيـن على جانِبَـيْ ظَهْر المحيـط، وبالتدريـج تبرُدُ هـذه الماغما وتـزداد كثافتها، فتبـدأ بالغطس مـن جديد إلى أسـفلَ؛ لتحِلَّ مَحَلَّ الماغما الصّاعدة؛ مشـكِّلَةً ما يُسـمّى التيـاراتُ الهابطـةُ التـي يمكن أن تسـحب معهـا الصّفيحة التـي تعلوها، مكوِّنـةً مـع الزمـن أنطقةَ الطّـرح. أنظر الشـكل (19). وعلـى الرغم من أن تيّـارات الحمـل قـد تمتـدّ إلـى آلاف الكيلومتـرات، إلا أنهـا تتدفّـق فـي وسـط ظَهْـر المحيـط بمُعدَّل عـدّة سـنتيمترات فـي السّـنة، ويؤدي اسـتمرار حركـة التيّـارات الصّاعـدة والهابطـة إلـى تحريـك الصّفائـح الأرضيّة.

✓ **أتحقّـق:** أوضّـح أهميـة التيـارات الهابطـة فـي حركـة الصفائـح.



الشكل (19): تُعَدُّ تيّاراتُ الحمل القوّة الرئيسة المسبِّبة لحركة الصّفائح الأرضية.

أفسِّر: ما العلاقة التي تربط التيّارات الصّاعدة بحركة الصّفائح الأرضيّة؟

البراكين والزلازل وحركة الصّفائح

Volcanoes, Earthquakes and Plate Tectonics

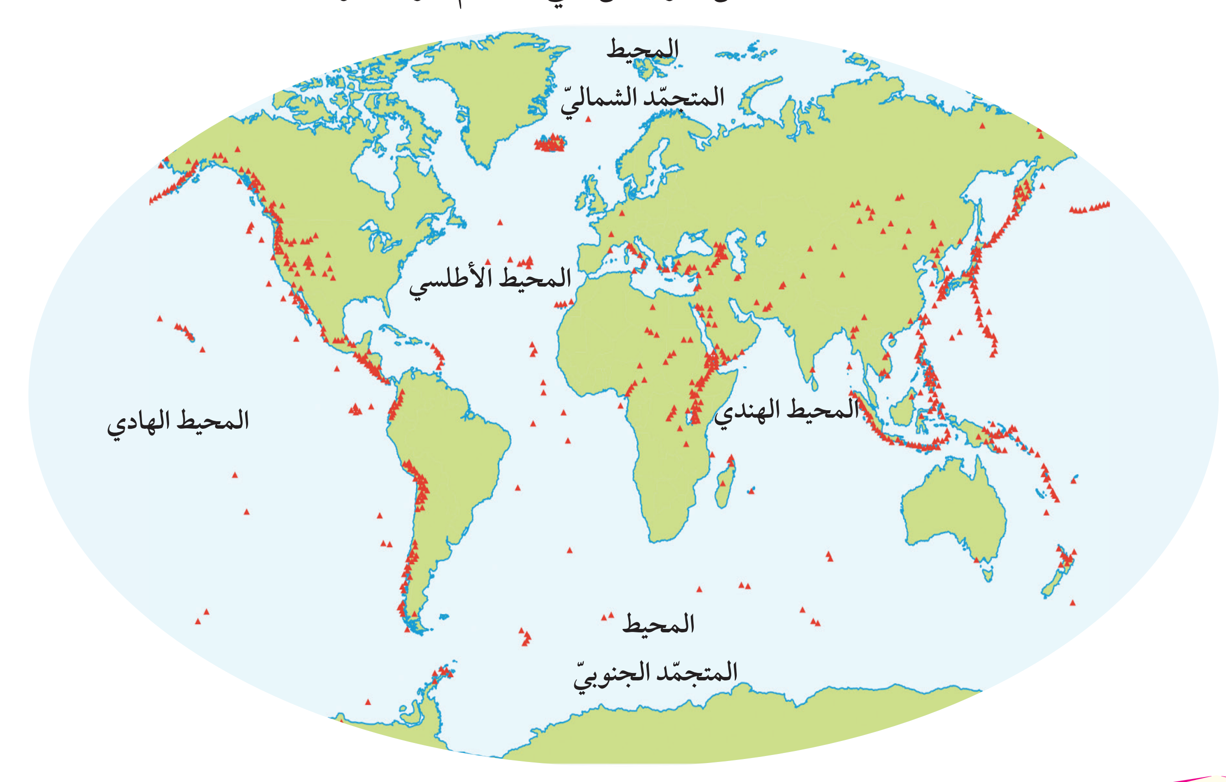
عند دراسة توزُّع البراكين والزلازل على سطح الأرض نجد أن مواقع البراكين والزلازل تتمركز عند حدود الصّفائح.

توزُّع البراكين Distribution of Volcanoes

عند دراسة توزُّع البراكين على سطح الأرض نلاحظ أن معظم البراكين تتكوّن عند حدود الصّفائح المتباعدة، وحدود الصّفائح المتقاربة. أنظر الشكل (20). فعندما تتباعد الصّفائح الأرضيّة بعضُها عن بعض في مناطق الوديان المُتصَدِّعة، أو في مناطق ظَهْر المحيط، تخرج اللّابة من الشقوق على امتداد حدود الصّفائح، وتتصلّب مكوِّنةً براكينَ بازلتيّة. أما الحدودَ المتقاربة التي تنشأ عن غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة قارّية أو أسفلَ صفيحة محيطيّة، فينتُج عن هذا التقارُب براكينُ ذاتُ تركيب أنديزيتيّ، أو ذاتُ تركيب بازلتيّ على امتداد الأخاديد البحريّة. وتتكوّن البراكين المحيطة بالمحيط الهادي بهذه الطريقة التي تنتُج عن غطس صفيحة المحيط الهادي، وصفيحة نازكا أسفل الصّفائح الأخرى المحيطة بها. ويُسمّى الحزامُ الذي يحيط بالمحيط الهادي حزامَ النار The Ring of Fire ويتمركز 75% من البراكين في العالم تقريبًا حوله.

الشكل (20): توزُّع البراكين على سطح الأرض.

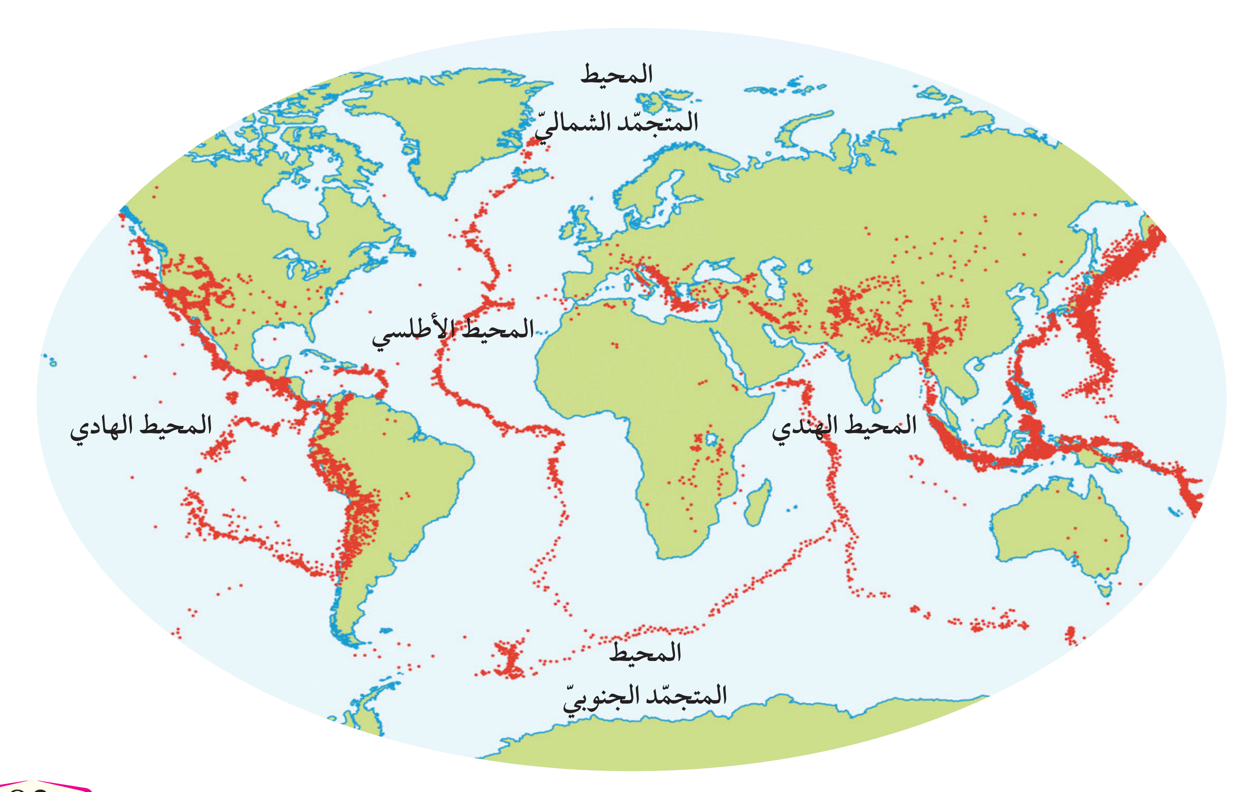
أحدِّد نوع حدود الصّفائح التي أنتجت البراكين التي تقع على الحدّ الغربيّ لقارّة أمريكا الجنوبيّة.



توزُّع الزلازل Distribution of Earthquakes

إذا نظرنا إلى خريطةٍ تمثِّل توزُّعَ الزلازل في العالم، سوف نجد أن معظم الزلازل تتمركز عند حدود الصّفائح الأرضيّة، وتُسمّى أماكنُ تجمُّعها أحزمةَ الزلازل Earthquake Belts. ويتمركز 80% من الزلازل تقريبًا حول حزام المحيط الهادي الناريّ. أنظر الشكل (21). تتشكّل الزلازل نتيجة حركة الصّفائح، حيث يؤدي التقاء الصّفائح الأرضيّة إلى تكوُّن إجهادات مختلفة، وعندما تتجاوز هذه الإجهادات حدَّ المرونة تتكسّر الصّخور، وتنشأ زلازلُ على حوافّ تلك الصّفائح، وتصاحب الزلازل أنواع الحدود الثلاثة: المتباعِدة، والمتقارِبة، والتحويليّة.

✓ **أتحقّق:** أوضِّح: ما المقصود بحزام المحيط الهادي الناريّ؟



الشكل (21): توزُّع الزلازل عند حدود الصّفائح الأرضيّة.

مراجعة الدرس

1 . **الفكرة الرئيسة**: أحدِّد المظاهرَ الجيولوجيّةَ التي تتشكّل عند حدود الصّفائح المَتقارِبة.

2 . ألخِّص نص نظريّة الصّفائح التكتونيّة.

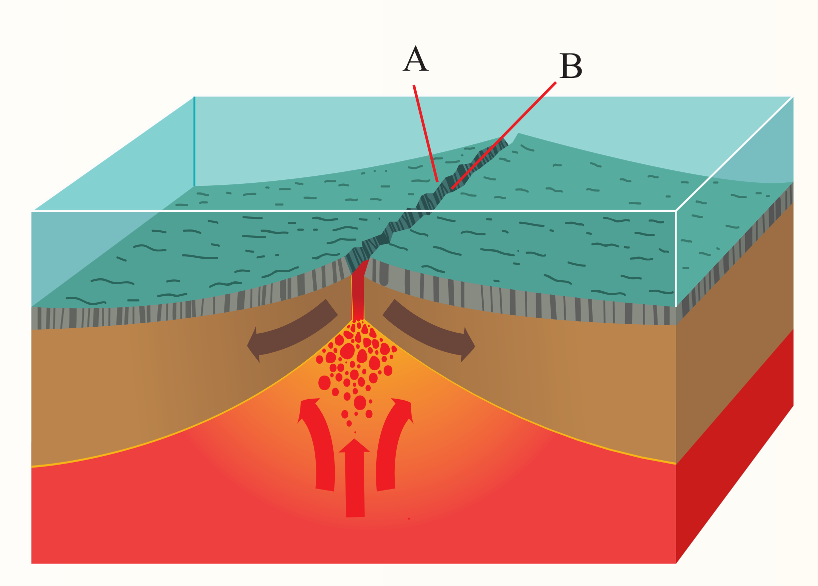
3 . **أتنبّأ**: كيف سيتغير الوادي المتصدِّع الكبير شرق إفريقيا بعد عدّة ملايينَ من السّنين؟

4 . **أستنتِج** العلاقة بين أماكن توزُّع البراكين على سطح الأرض، وأماكن توزُّع الزلازل مبيّنًا الأسباب.

5 . أوضِّح ماذا يحدث عند تقارب صفيحتين قارّيّتين من بعضهما بعضًا.

6 . **أقارِن** بين اللّبّ الداخليّ واللّبّ الخارجيّ من حيث الحالة الفيزيائيّة والتركيب الكيميائيّ.

7 . **أحسُب** المسافة بين النّقطتين المتجاورتين في منطقة ظَهْر المحيط (A, B) بعد 20000 y إذا كان متوسّط سرعة تَباعُد الصفيحتين على امتداد ظَهْر المحيط يساوي 3 cm /y .



8 . أحدِّد: أين تقع معظم صُدوع التّحويل على سطح الأرض؟



قياس سرعة الصّفائح التكتونيّة
Measuring the Speed of Tectonic Plates

تتحرك الصّفائح التكتونيّة بشكل دائم حركة بطيئة، وتدريجيّة، لدرجة أننا لا نستطيع الشعور بها، والتي لا تتجاوز حركتُها عدّة سنتيمترات في السّنة. ومع التقدّم العلميّ واكتشاف نظام تحديد المواقع العالميّ (GPS)، استخدم العلماء الأقمار الصناعيّة في هذا النظام لقياس مُعدَّل حركة الصّفائح التكتونيّة، حيث يتم وضْعُ علامات على سطح الأرض. وتستخدَم الأقمارُ الصناعيّة في مراقبة مواقعها مع الزمن، ثم جمْع البيانات عن مواقعها. وقد لاحظ العلماء أن مواقع تلك العلامات تتغير مع الزمن، فبعض العلامات تزداد المسافةُ بينها، وبعضها تقل، أو تظهر أن هناك حركةً جانبيّة بينها. ومن قياس مقدار المسافة بين تلك النقاط يتم تحديد مُعدَّل سرعة تحرُّك تلك الصّفائح وتحديد اتجاه حركتها.

الكتابة في الجيولوجيا

أكتب فقرة حول كيفيّة قياس سرعة الصّفائح التكتونيّة، ثم أعرض ما كتبتهُ على معلّمي/ معلّمتي، وزملائي/ زميلاتي في الصفّ.

السؤال الأوّل: أضَع دائرة حول رمز الإجابة الصّحيحة في ما يأتي:

1. الجزء من الأرض الذي يتميز بأنه في الحالة الصُّلبة ويمتد من سطح الأرض حتى عُمق 100 km هو:

أ) الغلاف المائع. ب) السّتار السُّفليّ.
ج) الغلاف الصَّخريّ. د) اللّبّ الداخليّ.

2. أيٌّ من الأدلّة الآتية استخدمها فغنر للتأكيد على صِحّة فرَضيّته؟

أ) توسُّع قاع المحيط.
ب) تصادُم الصّفائح القارّية.
ج) تشابُه الأحافير.
د) تيّارات الحمل.

3. أيٌّ من الجمل الآتية يُعَدّ دليلًا على فرَضيّة توسُّع قاع المحيط؟

أ) تزداد أعمار الصّخور كلّما اتجهنا نحو ظَهْر المحيط.
ب) أعمار معظم صُخور قيعان المُحيطات لا يزيد عن 180 m.y.
ج) ينقلب المجال المغناطيسيّ دائمًا بشكل منتظَم.
د) الأشرطة المغناطيسيّة المتساوية في العُمْر متعاكسة بالاتجاه المغناطيسيّ.

4. تتكوّن حُفَرُ الانهدام عند:

أ) حدود التّصادُم. ب) حدود الطّرح.
ج) الحدود التحويلية. د) الحدود المتباعدة.

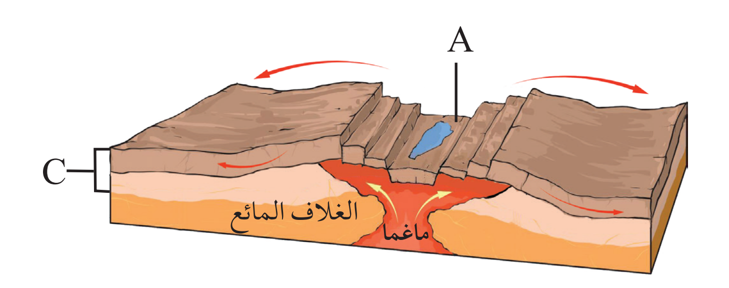
5. أيٌّ من حدود الصّفائح الآتية لا يصاحبها تكوُّن براكين؟

أ) المتقاربة (محيطيّة- محيطيّة).
ب) المتقاربة (محيطيّة- قارّية).
ج) التحويلية.
د) المتباعدة.

6. أيٌّ من المظاهر الجيولوجيّة الآتية تتشكّل نتيجة اصطدام تيّارات الحمل الصّاعدة بأسفل الصّفيحة التكتونيّة القارّية؟

أ) وادٍ متصَدِّع. ب) نطاق طرح.
ج) الحدود التحويلية. د) نطاق تصادُم.

- أدرس الشكل الآتي الذي يمثِّل أحد حدود الصّفائح، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



7 . أحدِّد: ما نوع حدود الصّفائح في الشكل؟

أ) حدود جانبيّة. ب) حدود تقارُبيّة.
ج) حدود تباعُديّة. د) حدود تصادُم.

8 . ما المظهر الجيولوجيّ الذي يشير إليه الحرف (A) ؟

أ) أقواسُ الجزُر. ب) وادٍ متصَدِّع.
ج) براكينُ قوسيّة. د) نطاقُ الطّرح.

9 . ما النّطاق الذي يشير إليه الحرف (C)؟

أ) القشرة الأرضيّة. ب) السّتار العُلويّ.
ج) أعلى السّتار. د) الغلاف الصّخريّ.

10 . بدأت قارّة بانغيا بالانقسام إلى أجزاء أصغر قبل:

أ) 200 m.y . ب) 400 m.y .
ج) 100 m.y . د) 50 m.y .

11 . النّطاق الذي يوجد في الحالة السائلة من الكرة الأرضيّة هو:

أ) الغلاف الصّخريّ. ب) اللّبّ الداخليّ.
ج) الغلاف المائع. د) اللّبّ الخارجيّ.

12 . تشكّلت جبال الهيملايا بوساطة:

أ) تباعُد صفيحة إفريقيا، عن صفيحة أمريكا الجنوبيّة.

ب) تصادُم صفيحة الهند، مع صفيحة أوراسيا.

ج) تحرُّك الصّدع التحويليّ سان أندرياس.

د) تصادُم الصّفيحة العربيّة مع صفيحة أوراسيا.

13 . القطعة الصّخريّة التي تتكوّن من القشرة الأرضيّة والجزء الأعلى من الستار بسمك 100 km تُسمّى:

أ) الغلاف المائع. ب) صفيحة أرضيّة.

ج) براكين قوسيّة. د) ظَهْر المحيط.

14 . أيٌّ من أنطِقة الأرض تسلك الصّخور المكوِّنة له سلوكًا لَدِنًا؟

أ) الغلاف المائع.

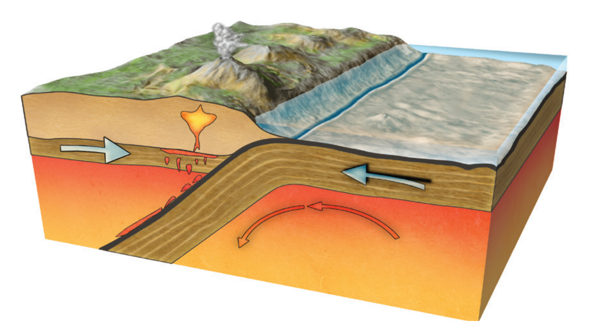
ب) الغلاف الصّخريّ.

ج) القشرة الأرضيّة.

د) اللّبّ الخارجيّ.

السؤال الثاني:

يمثّل الشكل الآتي أحد حدود الصّفائح، أدرس الشكل ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. أحدِّد نوع حدود الصّفائح في الشكل.

2. **أستنتج:** ما المظاهر الجيولوجيّة الناتجة عن غطس الصّفيحة المحيطيّة أسفلَ الصّفيحة القارّية؟

السؤال الثالث:

أملأُ الفراغَ في ما يأتي بما هو مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

أ ـ الفرَضيّة التي تنصُّ على أن جميع القارّات الحالية كانت تشكّل في الماضي قارّة واحدة تُسمّى ....

ب- التغيّر في قطبيّة المجال المغناطيسيّ للأرض من عاديّة إلى مقلوبة يُسَمّى ....

ج ـ الفرَضيّة التي تنصُّ على أن القشرة المحيطيّة الجديدة تتشكّل عند ظهور المُحيطات، وتستهلَك عند الأخاديد البحريّة هي ....

د ـ السّلسلة من الجُزُر التي تتشكّل على شكل قوس موازٍ للأخاديد البحريّة تُسمّى ....

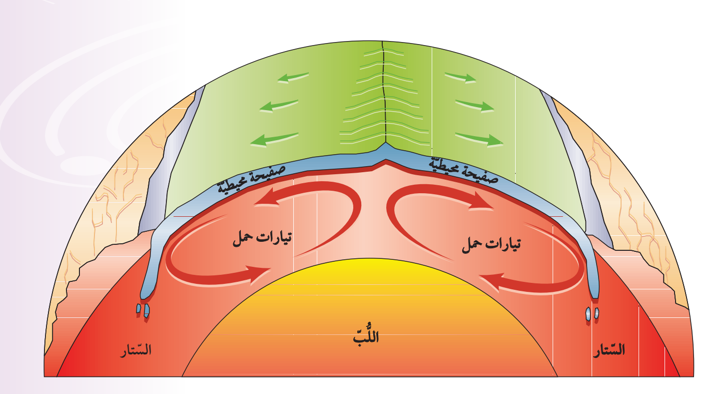
هـ ـ القوّة المسؤولة عن حركة الصّفائح الأرضيّة هي ....

السؤال الرابع:

أتنبّأ: هل يبقى شكل صفيحة المحيط الهادي ثابتًا مع الزمن؟ أوضِّح إجابتي.

السؤال الخامس:

أفسِّر: كيف تعمل تيّارات الحمل الموضّحة في الشكل الآتي على حركة الصّفائح الأرضية؟



السؤال السادس:

أتنبّأ بمواقع القارّات بعد 100 m.y على افتراض أن الصّفائح الأرضيّة تتحرّك بالسرعة نفسِها، والاتجاه نفسِه.

السؤال السابع:

أقارِن بين المظاهر الجيولوجيّة الناتجة عن تقارُب صفيحتين محيطيّتين، وبين تقارُب صفيحتين قارّيّتين.

السؤال الثامن:

أفسِّر: كيف تنشأ الزلازل عند تقارب صفيحتين قارّيّتين؟

السؤال التاسع:

أستنتِج: أين تقع أقدمُ الصّخور في صفيحة نازكا؟

السؤال العاشر:

أستنتِج: كيف تُعَدُّ أحفورةُ الميزوسورس دليلًا على صِحّة فرَضيّة انجراف القارّات.



السؤال الحادي عشر:

أقوِّم صِحّة ما أشارت إليه العبارة الآتية:"يُعَدُّ توزيعُ الزلازل في القشرة الأرضيّة دليلًا على صِحّة نظريّة الصّفائح التكتونيّة".

السؤال الثاني عشر:

أكوِّن فرَضيّة أوضِّح منها ماذا يمكن أن يحدث إذا غيّرت صفيحتا إفريقيا وأمريكا الجنوبيّة اتجاه حركتَيهما؛ ليتحركا بعكس اتّجاه حركتَيهما الحالية.

السؤال الثالث عشر:

أحسُب: أفترض أن جزيرة بركانيّة تشكّلت في منطقة ظَهْر المحيط، قد انقسمت بفعل توسُّع قاع المحيط إلى جزأين، حيث يتحرّك كل جزء جانبيًّا بعيدًا عن ظَهْر المحيط بمُعدَّل 2 cm/y. ما المسافة بين الجزأين بعد 1 m.y؟

السؤال الرابع عشر:

أحدِّد نوع حدود الصّفائح المسبِّبة لكل من المظاهر الآتية:

1. البحر الأحمر.
2. البحر الميّت.
3. جبال الهيملايا.
4. جبال الأنديز.

السؤال الخامس عشر:

أقارِن بين أقواس الجزُر والأقواس البُركانيّة من حيث: نوع الحدود، ونوع الماغما المكوِّنة لها.

(أ)

الإجهاد Stress: القوّة المؤثِّرة على وحدة المساحة من الصّخر، ويقاس بوحدة (N/m^2)، وله ثلاثة أنواع اعتمادًا على اتجاه القوّة المؤثِّرة على الصّخر وهي: الضّغط، والشّد، والقصّ.

الأخاديد البحريّة Trenches: وديانٌ عميقة ضيّقة تمتد طوليًّا في قيعان المُحيطات، تصاحب أنطِقة الطّرح، وتوازي أقواس البراكين والجُزُر البُركانيّة.

استنزاف الموارد الطبيعيّة Depletion of Natural Resources: الاستغلال الجائر للموارد الطبيعيّة بمرور الزمن، دون تعويض النّقصان بالقدر الكافي.

أقواس الجُزُر Island Arcs: جُزُرٌ بركانيّة تشكِّل مع بعضها بعضًا شكل قوس يوازي الأخاديد البحريّة، تنتُج عن غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة محيطيّة أخرى، ما يؤدي إلى انصهار طرَف الصّفيحة الغاطسة، وإنتاج ماغما قليلة الكثافة، تصعد للأعلى حتى تصل إلى قاع المحيط؛ مشكِّلةً براكينَ بحريّةً يزداد ارتفاعها مع الزمن، وتتحوّل إلى جُزُر بركانيّة.

الاحترار العالَميّ Global Warming: زيادة تدريجيّة في مُعدَّل درجات الحرارة العالَميّ، ناجمة عن النشاطات الطبيعيّة والبَشريّة.

الأحواض الخَسْفيّة Grabens: أحد أنظِمة الصُّدوع التي تتشكّل عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شَدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدْعين عاديّين متقابِلين، حيث تهبط الكُتل الصّخريّة بينهما للأسفل.

الانفجار السكّانيّ Population Explosion: زيادة أعداد السكّان بمُعدَّلات كبيرة؛ ما يؤدي إلى زيادة الطلب على الموارد الطبيعيّة مع مرور الزمن.

الانقلاب المغناطيسيّ Magnetic Reversal: التغيّر في قطبيّة المجال المغناطيسيّ للأرض من عاديّة إلى مقلوبة على امتداد عُمْر الأرض.

(ب)

بانغيا Pangaea: قارّة اقترح وجودَها فغنر، وتعني كل اليابسة يحيط فيها محيط بانثالاسا. بدأت بالانقسام إلى قارّات أصغرَ منذ 200 m.y تقريبًا ، ثم أخذت القارّات بالانجراف ببطء حتى وصلت إلى مواقعها الحاليّة.

(ت)

التراكيب الجيولوجيّة Geological Structures: المظاهر أو التشوُّهات التي تحدث في الصّخور نتيجةَ تعرُّضها لقُوى مختلفة مع مرور الزمن.

التشوُّه Deformation : تغيُّرٌ في شكل الصّخور أو حجمها، أو الاثنين معًا. وهي في الحالة الصُّلبة نتيجة تعرُّضها لقوى خارجيّة، أو قوى داخليّة مع مرور الزمن.

التشوُّه اللّدِن Plastic Deformation: أحد أنواع التشوُّه الذي يحدث في الصّخور اللّدِنة؛ نتيجة تعرُّضها للإجهادات التي تزيد عن حدّ المرونة لها، ويؤدي إلى ثَنيها.

التشوُّه الهَشّ Brittle Deformation: أحد أنواع التشوُّه الذي يحدث في الصّخور الهَشّة ؛ نتيجة تعرُّضها للإجهادات التي تزيد عن حدّ المرونة لها، ويؤدي إلى كسرِها.

التصحُّر Desertification: التدهور الكلّي أو الجزئي لعناصر الأنظمة البيئيّة، وما ينجم عنها من انخفاض للقُدرة الإنتاجية لأراضيها، وتحوُّلها إلى مناطقَ شبيهة بالصّحراء (زحف الصّحراء نحو الأراضي الزراعيّة) بسبب الاستغلال المفرِط لمصادرها من قبل الإنسان، وسوء أساليب الإدارة التي يطبّقها.

تلوُّث التّربة Soil Pollution: أيّ تغيير في خصائص التربة الطبيعيّة، أو مكوّناتها حيث يؤدي إلى انخفاض إنتاجيّتها.

تلوُّث الماء Water Pollution: أيّ تغيير في الخصائص الفيزيائيّة، أو الكيميائيّة، أو الحيويّة للماء، حيث تصبح أقلَّ صلاحيّةً للاستعمالات الطبيعيّة المخَصَّصة لها، يمكن أن يؤثّر سلبًا في الكائنات الحيّة، ويجعلَ استخدامَها أمرًا غيرَ ملائم، وغير مُستَساغ.

توسُّع قاع المحيط Seafloor Spreading: فَرَضيّة وضعها العالِم هاري هس في بداية الستينيّات من القرن الماضي، تنصّ على أن "القشرة المحيطيّة الجديدة تُبنى عند ظهور المُحيطات، وتُستهلَك عند الأخاديد البحريّة".

تيّارات الحمل Convection Currents: تيّارات اكتشفها العالِم ولسون تنتُج داخل السّتار نتيجة تحلُّل العناصر المُشعّة المتمركزة فيه، ما يؤدي إلى زيادة تسخين الماغما فتقلّ كثافتُها، وترتفع إلى الأعلى مشكِّلةً تيّاراتٍ صاعدةً ترتفع إلى الأعلى، وينتج عن حركتها حركةُ الصّفائح الأرضيّة.

(ج)

الجماعات السكّانيّة البَشريّة Human Population Groups: مجموعة الأفراد الذين يُقيمون في منطقة جغرافيّة محدَّدة، أو يتشاركون في خصائصَ مماثِلَةٍ؛ وفي ما بينهم من علاقات منها التزاوجُ والإنجابُ.

الجدار القدَم Foot Wall: الكتلة الصّخريّة التي تقع أسفلَ مستوى الصَّدْع.

الجدار المعلَّق Hanging Wall: الكتلة الصَّخريّة التي تقع فوق مستوى الصَّدْع.

(ح)

الحدود التحويليّة Transform Boundaries: حدودٌ تنتج عن تحرُّك الصّفائح أفقيًّا بمحاذاة بعضها بعضًا، وتحدث هذه الحدود على امتداد صُدوع التحويل الطويلة التي يصل طول بعضها إلى مئات الكيلومترات.

الحدود المتباعِدة Divergent Boundaries: حدودٌ تمثِّل تباعُد صفيحتين بعضهما عن بعض. ومن مظاهر وجودها امتداد ظَهْر المحيط في المُحيطات والوديان المتصَدِّعة في القارّات.

الحدود المتقارِبة Convergent Boundaries: حدودٌ تمثِّل تقارب صفيحتين بعضهما من بعض، وقد تكون بين صفيحتين قارّيّتين، أو بين صفيحتين محيطيتين، أو بين صفيحة قارّية مع محيطيّة، ومن المظاهر الجيولوجيّة الناتجة عنها أنطِقة الطّرح والأخاديد البحريّة والسلاسل الجبليّة.

(س)

السَّعة التحمّليّة Carrying Capacity: عدد الجماعات السكّانيّة التي يمكن للنظام البيئي دعمُها وإعالتها.

(ص)

الصَّدْع Fault: كسْر يحدث في صُخور القشرة الأرضيّة، وينتج عنه كتلتان صخريّتان تتحرّكان بشكل مُوازٍ لسطح الكَسر.

الصُّدوع الجانِبيّة Strike – Slip Faults: صُدوع ناتجة عن الحركة الأفقيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانِبَيْ مستوى الصَّدْع، وقد يكون فيها مستوى الصَّدْع مائلًا أو رأسيًّا.

الصُّدوع العاديّة Normal faults: صُدوع ناتجة عن الحركة الرأسيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانِبَيْ مستوى الصَّدْع. وتُعَدُّ صدوعًا مائلة، يتحرّك فيها الجدار المعلَّق إلى الأسفل بالنسبة إلى الجدار القدَم.

الصُّدوع العكسيّة Reverse Faults: صُدوع ناتجة عن الحركة الرأسيّة للكُتلتين الصّخريّتين على جانِبَيْ مستوى الصَّدْع. وتُعَدُّ صدوعًا مائلة، يتحرّك فيها الجدار المعلَّق إلى الأعلى بالنسبة إلى الجدار القدَم.

(ط)

طيّة غير متماثِلة Asymmetrical Fold: طيّة يميل كل جناح من جناحيها بزاوية مَيل مختلفة عن الأخرى، سواءٌ أكانت طيّة محدّبة أم طيّة مقعَّرة، ويكون فيها المستوى المِحوريّ مائلًا بزاوية أقلّ من $90°$، أي غيرَ متعامِدٍ على سطح الأرض. وتتشكّل هذه الطيّة عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغط غيرِ متساوٍ على كلا الجانِبَيْن.

طيّة متماثِلة Symmetrical Fold: طيّة يميل جناحاها بزاوية مَيل متساوية على كلا الجانِبَيْن سواءٌ أكانت طيّة محدَّبة أم طيّة مقعَّرة، ويكون فيها المستوى المِحوريّ عموديًّا على سطح الأرض. وتتشكّل مثلُ هذه الطيّات عندما تتعرّض الطبقات الصّخريّة لضغطٍ متساوٍ من الجانِبَيْن.

طيّات محدَّبة Anticlines: أحد أنواع الطيّات تتقوّس فيها الطبقات نحو الأعلى، ويميل جناحاها بعيدًا عن المستوى المِحوريّ، وتحتوي على الطبقات الأقدم في وسطها.

طيّة مضطَجِعة Recumbent Fold: أحد أنواع الطيّات يكون فيها المستوى المِحوريّ أفقيًّا.

طيّات مقعَّرة Synclines: أحد أنواع الطيّات تتقوّس فيها الطبقات نحو الأسفل، ويميل جناحاها نحو المستوى المِحوريّ، وتحتوي على الطبقات الأحدث في وسطها.

الطيّة المقلوبة Overturned Fold: أحد أنواع الطيّات التي يميل جناحاها في الاتّجاه نفسه، حيث تزيد زاوية مَيل أحد جناحيها عن $90°$، ويكون فيها المستوى المِحوريّ مائلًا عن المستوى العموديّ بدرجة كبيرة، وتكون الطبقات المكوِّنة لأحد الجناحين مقلوبة.

(ظ)

ظَهْر المحيط Ocean Ridge: سلسلة جبليّة ضخمة يتصل بعضها ببعض، تمتد في جميع المُحيطات. يوجد في وسطها وادٍ عميق ضيّق يُسَمّى الواديَ الخَسْفيَّ، تنتُج عن تباعد الصّفائح الأرضيّة.

(غ)

الغلاف الصّخريّ Lithosphere: نِطاقٌ من الأرض يشمل القشرة الأرضيّة وأعلى السّتار، يوجد في الحالة الصُّلبة.

(ف)

فرَضيّة انجراف القارّات Continental Drift Hypothesis: فرَضيّة اقترحها العالِم فغنر عام 1912م، تنص على أن " جميع القارّات الحاليّة كانت تشكِّل في الماضي قارّةً واحدة سمّاها بانغيا، يحيط بها محيط بانثالاسا. وقد بدأت بالانقسام منذ 200 m.y تقريبًا إلى قارّات أصغرَ، ثم أخذت القارّات بالانجراف ببُطء حتى وصلت إلى مواقعها الحاليّة".

(ك)

الكُتل الاندفاعيّة Horsts: أحد أنظمة الصُّدوع التي تتشكّل عندما تتعرّض صُخور القشرة الأرضيّة لقُوى شَدٍّ تؤدي إلى إحداث صَدْعين عاديّين متقابلين، حيث تبرز الكُتل الصّخريّة بينهما للأعلى عندما تهبط الكتل الصخرية على جانبيها للأسفل.

(م)

مستوى الصَّدْع Fault Plane: هو السّطح الذي تتحرّك عليه الكُتل الصّخريّة عند كسرِها، وقد يكون مستوى الصَّدْع مائلًا، حيث إن زاوية المَيل التي يصنعها مع المستوى الأفقيّ تتراوح بين °0 – °90 ، أو يكون مستوى الصَّدْع رأسيًّا، حيث إن زاوية المَيل التي يصنعها مع المستوى الأفقيّ °90.

المطاوَعة Strain: التغيّر في شكل الصّخور أو حجمِها أو كليهما معًا، وتعتمد على مقدار الإجهاد المؤثّر في الصّخور وعلى نوعه، إذ كلّما زاد مقدار الإجهاد زادت المطاوَعة في الصّخور.

المغناطيسيّة القديمة Paleomagnetism: ظاهرة تدلّ على تمغنُط ذرات المعادن المغناطيسيّة وترتيبها عندما تتبلور من الماغما باتجاه المجال المغناطيسيّ الأرضيّ السائد نفسه وقت تكوُّنها. وعندما تتصلّب فإنها تحتفظ باتجاه ذلك المجال المغناطيسيّ الأرضيّ.

(ن)

نِطاق الطّرح Subduction Zone: نِطاقٌ ينتُج عن غطس صفيحة محيطيّة أسفلَ صفيحة قارّية، أو صفيحة محيطيّة أخرى، وينتُج عن نِطاق الطّرح: أخاديدُ بحريّةٌ، وأقواس بُركانيّة، وأقواس الجُزُر.

نظريّة الصّفائح التكتونيّة Plate Tectonic Theory: نظريّة طوّرها عدد من العلماء اعتمدت على فرَضيّتي انجراف القارّات، وتوسُّع قاع المحيط، مع دمج أدلّة جديدة عليهما. وتنصّ على أن "الغلاف الصّخريَّ الصُّلب مقسّم إلى عدد من القطع يُسَمّى كلّ منها صفيحةً، تتحرّك نسبةً إلى بعضها بعضًا، وينتج عنها العديد من المظاهر الجيولوجيّة".

قائمة المراجع

أوّلًا- المراجع العربية

1. بول ج. هويت؛ جون أسوشكوي؛ كيسلي هويت؛ عدنان عثمان (2014): **مفاهيم العلوم الفيزيائية**، العبيكان، الرياض، السعودية.
2. الدليمي، خلف (2018): **الأشكال الأرضية- دراسة حقلية**، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
3. سفاريني، غازي (2012): **مبادئ الجيولوجيا البيئيّة**، (ط1)، دار الفكر، عمّان، الأردن.
4. سفاريني، غازي وعابد، عبد القادر (2012): **أساسيّات علم الأرض**، (ط1)، دار الفكر، عمّان، الأردن.
5. الصّديق، عمر الصّديق (2012): **علم وتقانة البيئة**، (ط1)، مركز دراسات الوحدة العربيّة، بيروت، لبنان.
6. صوالحة، حكم (2019): **الجيولوجيا العامّة**، (ط2)، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمّان، الأردن.
7. القصّاص، محمد (1999): **التصحُّر**. **سلسلة عالم المعرفة**، العدد 242. المجلس الوطنيّ للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
8. المقمر، عبد المنعم مصطفى (2012): **الانفجار السكّانيّ والاحتباس الحراريّ**. (العدد 391). المجلس الوطنيّ للثقافة والفنون والآداب، الكويت.
9. الناصر، وهيب عيسى (2004): **الإنسان والبيئة**، سلسلة عالم الفكر، المجلد 32، العدد3، ص: 137 – 179 المجلس الوطنيّ للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

ثانيًا- المراجع الأجنبية

1. Berry, K., & Fronk R., (2007): **Earth Science**, Harcourt Education Company.
2. Brooks, B.,& Jenner J., (2009): **Earth Science**, Pearson Education, Lake Street New jersey.
3. Earle, S. (2019): **Physical Geology** , 2nd Edition. Victoria, B.C.: BCcampus. Retrieved from https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/
4. Lutgens, K. & Tarbuck,E. (2014): **Foundations of Earth Science**, 7th ed.,Pearson Education Limited.
5. Pollard, D., & Fletcher, R., (2010): **Fundamentals of Structural Geology**, 4th ed., Cambridge University Press, United Kingdom.
6. Tarbuck, E.J. & Lutgens, F.K. (2017): **Earth. An Introduction to Physical geology**, 12th ed., Pearson Education Limited.

تمَّ بحمد اللّٰه تعالى

Collins